

**Regeneration selektierter adulter *Pyrus*-
Wildformen von Trockenstandorten und
Prüfung ausgewählter Klone auf Salztole-
ranz für die Verwendung als Unterlage in
ariden
Gebieten**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum agriculturalium
(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin

von
Master of Science, Ahmed Mohamed Kamal Abdelaal Aly
geboren am 17. Juni 1973 in El-Minia (Ägypten)

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:
Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:
Prof. Dr. Uwe-Jens Nagel

Gutachterin/Gutachter:

1. Prof.Dr. sc. H- H-. Jesch
2. Prof. Dr. Ahmed Abou-Salha

Tag der mündlichen Prüfung: 30-06-2004

Regeneration of selected adult wild *Pyrus*-genotypes taken from arid sites and testing of selected clones for salt stress and possible use as rootstocks in arid areas

Master of Science, Ahmed Mohamed Kamal Abdelaal Aly

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

der Humboldt-Universität zu Berlin

Institut für Gartenbauwissenschaften

Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen

134 Literaturquellen

50 Tabellen

82 Abbildungen

123 Seiten

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Reaktion verschiedener *Pyrus*-Genotypen auf Salzstress in vitro und in vivo überprüft. Es wird ein methodisch wertvoller Beitrag zur In-vitro-Vermehrung adulter *Pyrus*-Klone und zu Salzstressuntersuchungen in vitro und in vivo bei Gehölzen geleistet. Die adulten *Pyrus*-Klone konnten erfolgreich in vitro vermehrt werden. Die In-vitro-Salzprüfung verschiedener *Pyrus*-Genotypen erwies sich als Schnelltest nutzbar zur Feststellung der genotypspezifischen Reaktion auf Salzstress. Es wurde festgestellt, dass die selektierten Klone von einem Trockenstandort aus dem Naturpark "Märkische Schweiz" eine signifikant höhere Salztoleranz gegenüber Kreuzungen aus Dresden-Pillnitz und der Standardunterlage 'Kirchensaller Mostbirne' aufweisen. Für die Verwendung als Unterlagen im Birnenanbau unter salinen Bedingungen in Ägypten muss die Sortenkompatibilität und Standorteignung der selektierten Klone weiterhin überprüft werden.

Summary

In the presented work different *Pyrus*-genotypes have been tested for salt stress in in-vitro- and in-vivo-conditions. Furthermore a methodically valuable contribution to in-vitro-propagation of adult *Pyrus*-clones and to salt stress investigations on woody plants in vitro and in vivo is made. The adult *Pyrus*-clones have been propagated in vitro successfully. The test for salt stress of different *Pyrus*-genotypes in in-vitro-conditions can be used as a rapid test for observing the reaction on plants in a situation of salt stress. The conclusion is that selected clones taken from an arid site in the national park "Märkische Schweiz" (eastern of Berlin) are more tolerant to salt stress than hybrid combinations from Dresden-Pillnitz and the standard rootstock 'Kirchensaller Mostbirne'. Before using these rootstocks for commercial pear-growing in Egypt under saline conditions, the compatibility of different varieties and the suitability of locations for growing the selected clones have to be tested in addition.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung.....	5
1.1	Einleitung	5
1.2	Zielstellung	6
2	Literaturübersicht zur Reaktion von Pflanzen auf Salzstress und In-vitro-Verfahren zur Regeneration.....	7
2.1	Salzstress bei Pflanzen.....	7
2.1.1	Salzböden	7
2.1.2	Physiologische Grundlagen von Salinität bei Pflanzen	7
2.1.2.1	Einfluss von Salinität auf die Na ⁺ - und Cl ⁻ -Gehalte in den Pflanzen	8
2.1.2.2	Wirkung der Salinität auf Wasseraufnahme, Wachstum und Blattschädigung	10
2.1.3	Salzstress bei Pyrus.....	13
2.2	Reaktionen von Pflanzen in vitro auf Salzstress	13
2.3	In-vitro-Verfahren zur Regeneration von Pyrus	14
3	Material und Methoden.....	16
3.1	Material	16
3.1.1	Klone aus dem Kreuzungsprogramm der Genbank Obst Dresden-Pillnitz	16
3.1.2	Selektierte adulte Pyrus-Wildformen vom natürlichen Standort.....	16
3.2	Methoden	21
3.2.1	In-vitro-Methoden zur Regeneration	21
3.2.2	NaCl-Behandlung in vitro	24
3.2.3	NaCl-Behandlung in vivo.....	24
3.2.4	Bodenuntersuchungen	28
3.2.5	Morphologische und genetische Untersuchungen zur Charakterisierung der selektierten Müncheberger Klone	28
3.2.6	Statistische Methoden.....	29
4	Ergebnisse	30
4.1	In-vitro-Regeneration von selektierten adulten Pyrus-Wildformen.....	30
4.1.1	Etablierung	30
4.1.2	Vermehrung	30
4.1.3	Bewurzelung	31
4.1.4	Akklimatisation	32
4.2	Untersuchungen zur genotypspezifischen Reaktion von Pyrus-Klonen auf Salzstress in vitro	34

4.3 Untersuchungen zur genotypspezifischen Reaktion von Pyrus-Klonen auf Salzstress in vivo	37
4.3.1 Salzstressprüfung im Gewächshaus.....	37
4.3.1.1 Blattschädigungen.....	37
4.3.1.2 Triebzuwachs	41
4.3.1.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen	44
4.3.1.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen.....	55
4.3.2 Salzstressprüfung in der Klimakammer	66
4.3.2.1 Blattschädigungen.....	66
4.3.2.2 Triebzuwachs	69
4.3.2.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen	71
4.3.2.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen.....	76
4.3.3 Vergleich der Ergebnisse zwischen 'KS' und Klon M 21 im Gewächshaus und in der Klimakammer	80
4.3.3.1 Blattschädigungen.....	80
4.3.3.2 Triebzuwachs	82
4.3.3.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen	82
4.3.3.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen.....	84
4.4 Morphologische und genetische Untersuchungen zur Charakterisierung der selektierten adulten Pyrus-Wildformen	86
4.4.1 Morphologische Untersuchungen	86
4.4.2 Genetische Charakterisierung.....	92
5 Diskussion.....	94
5.1 Regeneration selektierter adulter Pyrus-Wildformen	94
5.2 Vergleich der Salzstressuntersuchungen in vitro und in vivo.....	96
5.3 Charakterisierung von adulten selektierten Pyrus-Klonen mit Hilfe von morphologischen und genetischen Merkmalen	104
6 Zusammenfassung	107
Literaturverzeichnis.....	110
Abbildungsverzeichnis	117
Tabellenverzeichnis.....	119

1 Einleitung und Zielstellung

1.1 Einleitung

Die Arabische Republik Ägypten liegt im Nordosten des Afrikanischen Kontinents. Ägypten wird im Norden durch das Mittelmeer begrenzt, im Osten grenzt es an Israel und das Rote Meer, im Süden an den Sudan und im Westen an Libyen. Die Gesamtfläche Ägyptens beträgt ungefähr eine Million Quadratkilometer. Die landwirtschaftliche Nutzfläche, einschließlich der Siedlungen, nimmt nur 3,5 % der Staatsfläche ein. Das Klima in Ägypten hat zwischen Mai und September eine Durchschnittstemperatur von 37,2°C und zwischen November und März eine Durchschnittstemperatur von 13,9°C. Die Temperaturen schwanken zwischen einem durchschnittlichen Jahreshöchstwert von 45,6°C und einem durchschnittlichen Jahrestiefstwert von 5,6°C. Während des Winters sinken die Temperaturen in der Wüste auf 0°C.

Ägypten ist ein bedeutender Produzent von Baumwolle, Mais, Weizen, Reis, Zuckerrohr und Tomaten. Die Obstanbaufläche beträgt 54.000 ha. Es werden Zitrusfrüchte, Mangos, Datteln, Feigen, Weintrauben, Äpfel und Birnen angebaut.

Die Obstart Birne hat für Ägypten eine große wirtschaftliche Bedeutung. Die Birnenanbaufläche erstreckte sich im Jahre 2000 auf 4370 ha. Nach Angaben des Ministeriums für Landwirtschaft in Kairo (ANONYMUS 2001) werden im Jahr durchschnittlich 1,7 Tonnen Birnen pro Hektar geerntet.

In Ägypten wird die Art *Pyrus communis* bzw. die Sorte 'Kirchensaller Mostbirne' häufig als Unterlagen verwendet. Andere *Pyrus*-Arten wie *Pyrus calleryana* und *Pyrus pyrifolia* sind als Unterlagen weniger verbreitet.

In Ägypten werden folgende Sorten angebaut:

- 'Le Conte': Früchte mittelgroß, Reifezeit Anfang August
- 'Kieffer': Früchte größer als 'Le Conte', Reifezeit Anfang Oktober
- 'Williams Christbirne': Früchte groß, Reifezeit Ende August
- 'Boscs Flaschenbirne': Früchte mittelgroß, Reifezeit Anfang Oktober
- 'Vereinsdechantsbirne': Früchte groß, Reifezeit Mitte Oktober
- 'Gellerts Butterbirne': Früchte mittelgroß, Reifezeit Anfang Oktober

Die Gattung *Pyrus* ist sowohl obstbaulich als auch im Landschaftsschutz sowie in der Landschaftsgestaltung von großem Interesse und wurde bisher unter den Aspekten der extensiven Nutzung wenig untersucht. Es ist zu vermuten, dass diese standortangepassten und toleranten Genotypen von *Pyrus communis*, die an Einzelstandorten in Ägypten in sehr guter Vitalität und mit teilweise hohem Alter vorkommen, einen hohen Grad an Toleranz gegenüber den vorhandenen Standortfaktoren und biotischen Schadfaktoren besitzen.

Dabei sind die Salzbelastungen des Bodens für den Anbau ein stark einschränkender Faktor. Die Birne ist sehr sensibel für hohe Salzgehalte im Boden. Salinität tritt unter natürlichen Bedingungen häufig im Boden als auch im Bewässerungswasser auf. Es gibt völlig unproduktive Gebiete in Ägypten.

1.2 Zielstellung

Wegen der außerordentlichen Bedeutung der Birne in Ägypten ist es notwendig, die Kenntnisse über die Reaktionen von Birnenunterlagen und -sorten auf Salzstress zu erweitern.

Die zentrale Aufgabe der Arbeit liegt darin, Unterschiede in der Reaktion von *Pyrus*-Klonen auf Salzstress nachzuweisen, um salztolerante Klone zur Verwendung als Unterlage für den Birnenanbau in Ägypten auszuwählen.

- Als Standard für die Untersuchungen sollte die in Ägypten als Unterlage vorrangig verwendete 'Kirchensaller Mostbirne' dienen.
Neben dem Standard 'Kirchensaller Mostbirne' sollten:
1. Klone von Trockenstandorten aus dem Naturpark "Märkische Schweiz", ca. 50 km östlich Berlins;
2. Klone aus Kreuzungen verschiedener *Pyrus*-Arten, außerhalb des Formenkreises *Pyrus communis*, aus dem Züchtungsprogramm des Institutes für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, Genbank Obst Dresden-Pillnitz Verwendung finden.
Es wurde vermutet, unter den für die Untersuchungen ausgewählten Klonen Exemplare zu finden, die sich durch eine überdurchschnittliche Salztoleranz auszeichnen.
- Entwicklung einer Methode zur Früherkennung von Salztoleranz bei *Pyrus*.
- Selektion von toleranten Typen gegenüber Salzbelastungen im Boden.
- Nutzung der In-vitro-Kultur für einen Schnelltest auf Salztoleranz.
- In einem In-vitro- und einem Gefäßversuch sollen die ausgewählten Klone auf ihre Salztoleranz getestet werden. Es wird vermutet, dass die Klone ähnliche Reaktionen in vitro- und in vivo zeigen.
- In-vitro-Vermehrung adulter *Pyrus*-Klone, die sich durch Salz- und Trockenstresstoleranz, hohe Vitalität und ein hohes Lebensalter auszeichnen.

2 Literaturübersicht zur Reaktion von Pflanzen auf Salzstress und In-vitro-Verfahren zur Regeneration

2.1 Salzstress bei Pflanzen

2.1.1 Salzböden

Bodenversalzung hat einen großen Einfluss auf die Produktivität von Kulturpflanzen. Sie tritt in ariden und semiariden Klimagebieten auf, in denen die Verdunstung größer ist als die Niederschlagsmenge (MC WILLIAM 1986). Versalzten Böden haben einen hohen Gehalt an löslichen Salzen und austauschbarem Natrium. Sie können schwach sauer (niedrige pH-Werte/ hoher Gipsanteil) bis stark alkalisch (hoher pH-Wert/ hoher Sodagehalt) sein. Die hauptsächlich vorkommenden Salze sind: Natriumchlorid (NaCl), Natriumcarbonat (Na_2CO_3) und Kalziumchlorid (CaCl_2). Der Versalzungsprozess ist in ariden Klimagebieten darauf zurückzuführen, dass das Wasser verdunstet und Salze im Boden zurückbleiben (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Saline Böden sind durch hohe Konzentrationen verschiedener löslicher Salze charakterisiert. Zu den dominierenden Ionen zählen Na^+ , CO_3^{2-} , Mg^{+2} , Cl^- , NO_3^- , K^+ , SO_4^{2-} . Nach CHAMPA (1974) gilt ein Boden als salin, wenn in der Bodenlösung mindestens 0,5% Salz vorhanden ist. Nach AMBERGER (1988) sind natriumreiche Böden in ariden Gebieten mit salzhaltigem Grundwasser an bewässerten Standorten zu finden. Zu einer Chloridanreicherung im Boden kommt es in ariden und semiariden Gebieten außerdem, wenn Chlorid durch hohe Temperaturen mit dem Wasserstrom kapillar an die Oberfläche transportiert wird und dort als Na^+ und Cl^- ausgefällt wird.

Mit zunehmender Verbreitung des Bewässerungslandbaus in ariden und semiariden Gebieten treten vermehrt Salzschäden an Kulturpflanzen auf. Das mit dem Bewässerungswasser zugeführte und/oder aus dem Grundwasser aufsteigende Salz kann das Pflanzenwachstum auf mehrfache Weise beeinträchtigen (BERNSTEIN & HAYWARD 1958). Besonders große Salzmenge reichern sich in Meeresnähe an Stellen mit anstehendem Grundwasser und bei intensiver Bewässerung ohne ausreichende Dränage von salzhaltigen Böden an (LARCHER 1984).

McWILLIAM (1986) diskutiert einige Möglichkeiten, um das Problem der Salinität zu lösen:

- Verbessertes Wassermanagement, z.B. Tropfbewässerung und Verhindern der Versickerung in tiefere Bodenschichten
- Selektion und Züchtung auf erhöhte Salztoleranz

2.1.2 Physiologische Grundlagen von Salinität bei Pflanzen

Die Pflanzen können bezüglich Salztoleranz grob in zwei Gruppen eingeteilt werden: Halophyten mit einer hohen Salztoleranz und Nichtthalophyten (Glykophyten), zu denen alle Kulturpflanzen zählen, die eine vergleichsweise geringe Salztoleranz aufweisen.

Die meisten Kulturpflanzen weisen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Salzen auf (MEIRI & SHALHEVET 1973). BERNSTEIN (1975) und MATAR et al. (1975) fanden, dass das unterschiedliche Toleranzverhalten von Arten und Sorten gegenüber hohen NaCl -Konzentrationen abhängig ist von:

- unterschiedlicher Geschwindigkeit der Ionenaufnahme
- unterschiedlicher Verlagerbarkeit von Chlorid

Einige Nutzpflanzen vertragen höhere Salzgehalte z.B. Tomaten, Baumwolle und Weizen (HOPNIKES 1995). Nach KOYRO & LIETH (1998) wachsen Glykophyten bei NaCl-Konzentrationen im Boden von 0 bis 7 g/l, niedrigsalztolerante Pflanzen bei 7 bis 25 g/l und salztolerante Halophyten bei 25 bis 65 g/l.

2.1.2.1 Einfluss von Salinität auf die Na⁺- und Cl⁻-Gehalte in den Pflanzen

Die Erhöhung der NaCl-Konzentrationen im Boden führt z.B. bei Apfel zu einem Anstieg der Na⁺- und Cl⁻-Gehalte in der Trockensubstanz (WEST 1978). Die erhöhte Membranpermeabilität durch Salinität führt zum Anstieg des Transports von Cl⁻ und Na⁺ (GREENWAY & MUNNS 1980). Nach SANCHEZ et al. (2002) akkumulierten die Wurzeln der *Citrus*-Unterlage 'Kleopatra' höhere Konzentrationen von Cl⁻ und Na⁺ als die Wurzeln der *Citrus*-Unterlage 'Carrizo'. Salinität erhöhte den Natriumgehalt in den Wurzeln beider Unterlagen und nur in den Blättern von 'Kleopatra' bei 90 mM NaCl und reduzierte die K⁺-Gehalte.

WALKER et al. (1982 und 1983) haben bei verschiedenen *Citrus*-Cultivaren eine Abstufung in der Salzempfindlichkeit festgestellt. Maximal wurden 100 mM vertragen. Diese Salzempfindlichkeit ist mit einer unterschiedlichen Fähigkeit der Aufnahme von NaCl und des Transportes von der Wurzel zum Spross verbunden. FLOWERS et al. (1977) stellten bei Halophyten fest, dass Na⁺ und Cl⁻ in den Vakuolen gespeichert werden und dadurch weniger gefährlich sind. SCHMUTZ & LÜDDERS (1998) beobachteten, dass die Unterlage '13-1' von Mango mehr Na⁺ und Cl⁻ in den Wurzeln speicherte als die Unterlage 'Turpentine', aber in den Blättern von 'Turpentine' mehr Na⁺ und weniger Cl⁻ als bei '13-1' gespeichert wurde.

CACHORRO et al. (1993) haben festgestellt, dass bei *Phaseolus vulgaris* die Gehalte von Na⁺, Cl⁻ und K⁺ in den Blättern erhöht wurden, wenn die Konzentrationen von Natriumchlorid in der Nährlösung bis 50 mM gesteigert wurden. Es gab keinen Einfluss von NaCl auf den Gehalt von Ca²⁺.

Aufnahme von Natrium

Natrium liegt vorwiegend als freies Ion im Zytoplasma vor. Natrium wird in den Pflanzen im Vergleich zu Calcium und Mangan bevorzugt transportiert (AMBERGER 1988). BERGMANN (1988) gibt eine Schwankungsbreite der Na⁺-Gehalte in den Pflanzen von 0,004 bis 2% an. Die Na⁺-Aufnahme der Pflanzen und der Transport von den Wurzeln in den Spross ist je nach Pflanzenart unterschiedlich. Nach LÄUCHLI (1979) kann eine Regulierung des Na⁺-Ausschlusses im ältesten proximalen Wurzelbereich stattfinden. Dabei wird Natrium durch Xylemparenchym aus den Gefäßen resorbiert. Durch eine erhöhte Na⁺-Permeabilität im Bereich der Wurzelzone findet ein intensiver K⁺-stimulierter Na⁺-Austausch in die umgebende Nährlösung statt.

Wegen der Empfindlichkeit der Enzyme für höhere NaCl-Gehalte wird Na⁺ aus dem Zytoplasma ausgeschlossen. Na⁺ wird in der Vakuole kompartimentiert (CHEESEMAN 1988). Diese Kompartimentierung von Natrium ist normalerweise begrenzt. Die Kontrolle des Transports von Na⁺ aus der Wurzel zum Spross ist für das Überleben der Pflanzen unter Salinität von Bedeutung. Die gegenüber Salinität tolerante Avocadounderlage 'Guatemalan' wurde durch hohe NaCl-Gehalte kaum geschädigt und akkumulierte in der Wurzel mehr Natrium als herkömmliche salzempfindliche Avocadounderlagen (KADMAN 1963, DOWNTON 1978).

SOYLU (1987) wies bei der Apfelunterlage 'M 9' eine geringere Fähigkeit der Akkumulation von Natrium im Neutrieb nach als bei der Unterlage 'M 4'. Die Unterlage 'M 26'

verlagert mehr Natrium in den Neutrieb. Die höheren Na^+ -Gehalte in den Blättern lassen sich auf eine stärkere Transpiration zurückführen.

Auch bei Artischocke haben die älteren Blätter höhere Na^+ -Gehalte als die jüngeren Blätter (GRAIFENBERG et al. 1995). Die Ursache ist die Kompartimentierung der Natriumgehalte in den Vakuolen und die Verdünnung des Natriums in den jungen wachsenden Blättern. CHESEEMANN (1988) vermutet, dass die alten Blätter toxische Gehalte von Natrium akkumulieren und damit die jungen Blätter schützen.

(BERGMANN 1988) teilte die Pflanzen nach der Na^+ -Aufnahme und -verlagerung in drei Gruppen ein:

- Pflanzen, in denen bei reichlicher Na^+ -Aufnahme durch die Wurzeln die Ableitung in die oberirdischen Teile nur langsam erfolgt
- Pflanzen, bei denen Na^+ in beträchtlichen Mengen in den Spross und in die Blätter abgeleitet wird. z.B. Tomaten, Karotten, Tabak, Flachs und Hafer
- Pflanzen, in denen das Na^+ in sehr großen Mengen in den Spross und in die Blätter abgeleitet wird und sich im Mesophyll der Blätter stark anreichert. z.B. Rüben, Baumwolle und Spinat

Physiologische Wirkung von Natrium

- Durch den kapillaren Aufstieg wird Na^+ an die Bodenoberfläche transportiert und fällt als Na_2CO_3 aus. Das bewirkt eine pH-Erhöhung, die zur Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der Spurenelemente Eisen, Zink und Mangan führt (AMBERGER 1988).
- Hohe Konzentration von Natrium führt zur Akkumulation von Natrium im Zentralzylinder, der Wurzel und im Stängelgewebe und damit zur Behinderung von Wasseraufnahme und Wassertransport.
- Die Erhöhung der osmotischen Werte führt zur Verringerung der Transpiration und beeinflusst damit die Quellung des Plasmas (AMBERGER 1988).
- Natrium zerstört das Bodengefüge und führt dadurch auch indirekt zu einer Pflanzenschädigung. Die Erhöhung der Na^+ -Konzentration im Boden führt zu Verdichtungen und einer Verringerung der Permeabilität des Bodens. Na^+ -Anreicherungen in Böden können zur Alkalisierung und zur Verschlechterung der Bodenstruktur führen. Die damit verbundene teilweise Einschränkung der Nährstoffverfügbarkeit, Wassernachlieferung und Sauerstoffversorgung der Wurzel kann erheblich zur Pflanzenschädigung beitragen (SCHLEIF & FINK 1976, GREENWAY & MUNNS 1980).

Aufnahme von Chlorid

Chlorid wird schneller von den Pflanzen aufgenommen. Dadurch ist der Cl^- -Gehalt in Pflanzen höher als der Natriumgehalt, was wahrscheinlich der Grund der Blattschädigung bei salzgestressten Pflanzen ist (GREENWAY & MUNNS 1980).

Die Beweglichkeit von Chlorid ist je nach Pflanzenart verschieden. Mit dem Transpirationsstrom gelangt es über die Leitungsbahnen in die Blattspreiten. Chloridionen sind in den Chloroplasten lokalisiert und in der Photosynthese an der Freisetzung von Sauerstoff durch Wasserspaltung beteiligt (AMBERGER 1988).

KADMAN (1963) hat festgestellt, dass bei den Arten von Avocado, die weniger empfindlich gegen Salinität sind, eine geringere Aufnahme und ein geringerer Transport von Chlorid vom Substrat zu den Blättern und somit eine höhere Toleranz gegenüber Cl^- -Konzentrationen in den Blättern vorliegen. Während Natrium in der Wurzel und dem unteren Stammbereich akkumuliert wird, bevor es in den Spross osmotisch verlagert wird, wird Chlorid mit dem Transpirationsstrom in die oberirdischen Organe, besonders die Blätter, verlagert. Im Gegensatz dazu hat DOWNTON (1978) berichtet, dass zwei salzempfindliche Unterlagen von Avocado stärker Chlorid in den Blättern akkumulieren als eine tolerante Unterlage, die den Eintritt von Chlorid in die Blätter einschränkt.

Nach DÖRING & LÜDDERS (1987) wies der Granatapfel in Wurzeln höhere Cl^- bzw. SO_4^{2-} -Gehalte auf, als in Trieben, was als Hinweis auf eine mögliche Retention gewertet werden kann. Da der Gehalt beider Anionen in Blättern am höchsten war, scheint die Fähigkeit zur Retention jedoch begrenzt zu sein.

Physiologische Wirkung von Chlorid

- Chlorid wirkt bereits in geringen Mengen phytotoxisch.
- Chlorid hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Pflanzen durch Erhöhung des osmotischen Potentials.
- Durch hohe Chlorid-Werte kann es zu Schwierigkeiten im Metabolismus der Photosynthese kommen (z.B. Ableitung der Stärke).
- LESAANI & MARSCHNER (1979) sehen in einer Störung des Ionengleichgewichtes unter Einfluss der Cl^- -Aufnahme einen wesentlichen Faktor der Salzempfindlichkeit vieler Kulturpflanzen.

2.1.2.2 Wirkung der Salinität auf Wasseraufnahme, Wachstum und Blattschädigung

Durch Erhöhung der Salzkonzentrationen im Wurzelmedium wird das Gleichgewicht zwischen Wasserzufuhr aus dem Boden und Wasserabgabe der Blätter gestört, bei Apfel wurde die Wasseraufnahme reduziert (WEST 1978). BIELORAI et al. (1983) stellten eine Reduzierung der Wasseraufnahme bei Grapefruit bei erhöhten NaCl -Konzentrationen fest. Die Wasseraufnahme der Pflanzen durch die Wurzeln wird bei einer Erhöhung der Na^+ -Konzentration im Boden infolge von Verdichtungen und einer Verringerung der Permeabilität des Bodens behindert (GREENWAY & MUNNS 1980).

Die von BERNSTEIN et al. (1974) festgestellte Erhöhung der Na^+ - aber vor allem der Cl^- -Gehalte in Kartoffelblättern bewirkt vermutlich eine Bindung der Wassermoleküle in den Zellen und damit eine verzögerte Wasserdampfabgabe. GROSSE & ÜNLÜ (2002) berichten, dass eine hohe Salzkonzentrationen im Boden bei der Pflanze zu einem osmotischen Wasserentzug führen kann, so dass die Pflanze gezwungen ist ihre Stomata zu schließen, um nicht noch mehr Wasser durch Transpiration zu verlieren. Das Schließen der Stomata verringert den Wasserverlust, führt aber andererseits dazu, dass die Pflanze einem Kohlendioxidmangel ausgesetzt ist.

Durch hohe Na^+ - und Cl^- -Gehalte in der Pflanze wird die Photosynthese gestört. GAUSMAN et al. (1972) berichteten, dass dadurch bei Baumwolle die Chloroplastenstruktur und die Mitochondrien verändert werden. Außerdem erhöht der Salzgehalt in der Pflanze die Atmung und die behindert die CO_2 -Assimilation.

Hohe Salzgehalte in der Pflanze bewirken eine Veränderung der Aktivität vieler Enzyme z. B. Catalase und Pyroxidase (VASILE 1963). NACH RAINS (1972) erfordert der erhöhte aktive Na^+ -Transport aus dem Zytoplasma in die Vakuole einen erhöhten Energieaufwand, der zu einem Energiemangel und einem reduzierten ATP/ADP-Verhältnis in der Pflanze führt.

An verschiedenen Gemüsearten wurde z. B. nachgewiesen, dass die Erhöhung der Na^+ -Konzentration im Zytoplasma zur Reduzierung der Photosynthese, Beeinträchtigung der Proteinsynthese und Erhöhung der Hydrolyse des Proteins führt (CHARTZOULAKIS 1994, KOSEGARTEN 2001, NIEMANN 1965). Die veränderte Mineralstoffzusammensetzung in der Pflanze beeinflusste nicht nur die verschiedenen Stoffwechselprozesse, sondern bewirkte auch eine Veränderung der Membranpermeabilität. Nach SHOJANI (2002) bewirkt die Anwesenheit von Salzionen in den Zellen von Zuckerrüben und Baumwolle Veränderungen in der Enzymaktivität. NaCl hat ebenfalls eine hemmende Wirkung auf die Aktivität einiger Enzyme, die eine entscheidende Rolle in der Samenkeimung spielen. Durch NaCl-Salinität wurden die Nettophotosyntheserate und die Transpiration von zwei Guavensorten vermindert. Dieser Effekt konnte durch Zugabe von 10 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ kompensiert werden (DINAR et al. 1999).

Nach HELAL & MENGEL (1981) erfolgt eine Wachstumsreduzierung durch Beeinflussung verschiedener turgorabhängiger metabolischer Prozesse. Bei Salzstress wird die CO_2 -Assimilation behindert, die Proteinsynthese gehemmt und die Atmung erhöht (MENGEL 1979, WALKER et al. 1983). Das Pflanzenwachstum hängt von Pflanzenart, Wasserverfügbarkeit des Bodens, der Konzentration und Zusammensetzung der Salze in der Bodenlösung saliner Böden ab. Die Pflanzen die unter NaCl-Salinität leiden haben einen geringen Energiestatus, der beispielsweise durch Erhöhung der Lichtintensität verbessert werden kann (HELAL & MENGEL 1981).

Das Gleichgewicht zwischen der Wasserzufuhr aus dem Boden und der Wasseraufnahme der Blätter wird durch Erhöhung der Salzkonzentration im Substrat gestört. Die Reduzierung des Wassergehaltes in den Blättern führt zur Senkung des Saugspannungsgradienten (DINKELBERG 1990). Nach SOYLU & LÜDDERS (1988) hat ein geringerer Wassergehalt in den Blättern bei der Apfelsorte 'Golden Delicious' eine Reduzierung des Triebzuwachses zur Folge. Ein reduziertes Wachstum wird weiterhin mit einem Ionenüberschuss in ausgewachsenen Blättern, verbunden mit einer Wasserreduzierung im wachsenden Gewebe begründet (GREENWAY & MUNNS 1980).

Nach einer 6-wöchigen Behandlung der Mandarinenunterlagen 'Kleopatra' und 'Carrizo' mit 0, 30, 60 und 90 mM NaCl, wurden Wachstum, Blattchlorophyllgehalt und Konzentration der mineralischen Nährstoffe von SANCHEZ et al. (2002) gemessen. Salinität verringerte das Wachstum beider Unterlagen bei 60 und 90 mM NaCl. Mit gleichen Konzentrationen wurde der Chlorophyllgehalt in den Blättern von 'Carrizo' mehr reduziert als in den Blättern von 'Kleopatra'. DOWNTON (1978) stellte für Avocado schon bei 5 bis 10 mM NaCl eine Reduzierung von Wachstum und Ertrag fest. Das vegetative Wachstum unterschiedlicher Olivensorten war durch Salzstress weniger beeinflusst als die Ertragsleistung (HASSAN et al. 2000).

WAHOME (1999) hat nachgewiesen, dass eine NaCl-Belastung bei allen untersuchten Genotypen von Rosen eine signifikante Verringerung der Wuchsleistung (Gesamt- und Wurzeltrockenmasse) verursachte. Wuchsbeeinträchtigungen traten bei Azaleen durch 100 mg/l Na^+ im Gießwasser und Frischertragsminderungen bei 140-150 mg/l Na^+ auf (RISSE & SCHENK 1990).

Untersuchungen bei mehreren Pflanzenarten weisen darauf hin, dass die unter salinen Bedingungen an älteren Blättern entstehenden Schäden durch sehr hohe Konzentrationen von Cl^- und/oder Na^+ in diesen Blättern verursacht werden (BERNSTEIN 1975, GREENWAY & MUNNS 1980). Unter Salinität treten an Gehölzen Chlorosen, Blatttrandnekrosen und vorzeitiger Blattfall auf (FRANCOIS 1982). Die Kationen Natrium, Calcium, Kalium und Magnesium und die Anionen Sulfat, Chlorid, Nitrat und Carbonat können sich in Halophyten bis auf ein Ausmaß der Salzschädigung anreichern (LÄUCHLI 1979). MERI & SHALHEVET (1973) charakterisieren die an Blättern beginnenden Nekrosen als typisches Symptom von Chloridschäden. HUGHES & HANAN (1978) haben beobachtet, dass die Behandlung von Rosen mit NaCl oder NaHCO_3 zu Welken und Blattschädigungen wie Nekrosen und Chlorosen führt. Nach WEBER & REIMANN-PHILIPP (1989) sind typische NaCl -Schäden bei Rosen zuerst an unteren alten Blättern erkennbar. Die Blattspitzen werden nekrotisch, dann verbreitet sich die Schädigung auf den Rest Blattfläche, danach fallen die nekrotischen Blätter ab.

EL SIDDIG & LÜDDERS (1994) stellten fest, dass bei Apfel hohe Cl^- -Gehalte in den Blättern zuerst zu Schädigungen an den Blatträndern führten. Das beruht auf dem überwiegenden Transport des Chlorids mit dem Transpirationsstrom. Zunächst chlorotische dann nekrotische Blattränder, zuerst an ältesten, später auch an jüngeren Blättern werden in der Literatur als typische Cl^- Schädigungen beschrieben. BERGMANN (1988) und RISSE & SCHENK (1990) haben nachgewiesen, dass Schadsymptome bei Azaleen durch Gießen mit 150 mg/l Cl^- im Wasser auftraten. Die Pflanzen warfen bereits im Oktober teilweise die Blätter ab. Keine Schadsymptome traten durch Gießen mit 80 mg/l Cl^- auf. HUGLLES & HANAN (1978) ermittelten bei Rosen in Containern, Schäden bei 142 mg/l Cl^- .

Nach HASSAN et al. (2000) führt zunehmender Salzgehalt im Boden zur Erhöhung der Na^+ - und Cl^- -Konzentration in den Blättern von Oliven. Bäume des weniger toleranten Olivenkultivars 'Teffahi' akkumulierten beträchtliche Mengen von Na^+ und Cl^- in den Blättern. Im Gegensatz dazu akkumulieren die Bäume des tolerantesten Kultivars 'Agizi-Aksii' die geringsten Mengen von Na^+ und Cl^- in den Blättern. CHARTZOULAKIS & KLAPAKI (2000) stellten fest, dass bei Paprika bestimmte Sorten bei 100 mM und 150 mM NaCl geschädigt wurden und sich die Toxizitätssymptome zuerst an den unteren Blättern zeigten (Chlorosen und Nekrosen an Blatträndern).

Die Ursachen der Salzschädigung bei den Pflanzen wurden in vielen Arbeiten beschrieben, wobei sich zwei Theorien über die Auswirkung der hohen Salzgehalte ergeben:

- Osmotische Salzwirkung.
Eine Erhöhung des Salzgehaltes im Boden führt zur Erhöhung des osmotischen Drucks der Bodenlösung, woraus eine Verminderung der Wasseraufnahme durch die Wurzel und eine erhöhte Transpiration resultieren (EL BASSAM 1967, MEIRI & SHALHEVET 1973).
- Spezifische toxische Ionenwirkung.
 Na^+ und Cl^- rufen bei Anreicherung im Boden eine toxische Wirkung auf die Pflanze hervor (MEIRI & SHALHEVET 1973, MENGEL 1979). Damit wird die Aufnahme von anderen Ionen behindert (BERNSTEIN & HAYARD 1958).

2.1.3 Salzstress bei *Pyrus*

Die Birne wird generell als salzempfindlich klassifiziert. Die Pflanzen werden über einen längeren Zeitraum sogar durch geringe Salzkonzentrationen im Boden geschädigt. Die Salztoleranz von *Pyrus* kann durch die Auswahl von geeigneten Unterlagen verbessert werden. Salztoleranz ist bei den Hauptobstarten untersucht worden, aber für die Birne liegen diesbezüglich nur wenige Untersuchungsergebnisse vor.

So wurden z.B. die Triebblängen von 2-jährigen Sämlingen von *Pyrus betulifolia* bis zur 5. Woche von steigenden NaCl-Konzentrationen bis 200 mM NaCl nicht beeinflusst. Unter gleichen Bedingungen wurden die Triebblängen der Sämlinge von *Pyrus pyrifolia* bereits bei 100 mM NaCl reduziert. In der 10. Woche sank die Toleranzgrenze auf 150 mM NaCl bei *Pyrus betulifolia* und auf 50 mM NaCl bei *Pyrus pyrifolia* ab (OKUBO & SAKURATANI 1999).

Die Natriumkonzentration war in den Blättern 2-jähriger Sämlinge von *Pyrus betulifolia* in der 5. Woche und in der 10. Woche bei 25, 50, 100 und 150 mM NaCl nur unwesentlich, jedoch ab 200 mM NaCl deutlich erhöht. In Gegensatz dazu stieg die Na^+ -Konzentration bei Sämlingen von *Pyrus pyrifolia* schon bei 100 mM und 150 mM NaCl in der 5. Woche deutlich an. In der 10. Woche war, unabhängig von den 4 Konzentrationen (50, 100, 150, 200 mM) an NaCl, generell die Na^+ -Konzentration in den Blättern erhöht.

Die Chloridkonzentration in den Blättern bei *Pyrus betulifolia* erhöhte sich in der 5. Woche ab 100 mM NaCl. Die Chloridempfindlichkeit von *Pyrus pyrifolia* zeigte sich bereits bei einer Konzentration von 25 mM NaCl deutlich durch einen erhöhten Anteil abgestorbener Blätter (OKUBO & SAKURATANI 1999).

2.2 Reaktionen von Pflanzen in vitro auf Salzstress

Techniken der Gewebekultur sind als Methode für physiologische Untersuchungen sowie Versuche an Mechanismen der Stresstoleranz von Bedeutung (OCHOA-ALEGO & LOPEZ-GUTIERREZ 1987). Widersprüchliche Meinungen gibt es über die Beziehung zwischen Salztoleranz der Zellen im Vergleich zur ganzen Pflanze (PEREZ-ALFOCEA et al. 1994). Salztoleranz hängt von den Eigenschaften der Zellen und auch von der physiologischen und anatomischen Integrität der Pflanze ab.

Obwohl resistente Pflanzen durch In-vitro-Kultur ausgewählt werden können, sind die physiologische Anpassung an NaCl-Stress und der Zusammenhang zwischen dem Mechanismus der Resistenz von In vitro- und ganzen Pflanzen noch nicht vollständig geklärt (BOURGEALS-CHAILLOU & GUERRIER 1992).

Die toxischen Ionen wie Na^+ und Cl^- und ihre Wirkung auf die Aufnahme der Nährstoffe beeinflussen die biochemische und physiologische Reaktion der Glykophyten unter dem Einfluss der Salinität. Der Mechanismus der Anpassung an Salinität muss die Vermeidung der osmotischen und toxischen Belastung sein. Bei Gewebekultur konnten die Probleme der physiologischen Komplexität und Strukturkomplexität von ganzen Pflanzen vermieden werden, weil Gewebekultur für die Untersuchung physiologischer Auswirkungen unter Salinität und sogar für Zellen von Bedeutung ist (OLMOS & HELLIN 1996 a, b).

Die akkumulierten Na^+ - und Cl^- -Ionen werden in der Vakuole gespeichert. Das Zytoplasma wird für eine osmotische Anpassung mit Zucker und Prolin angereichert. Die toleranten Glykophyten haben die Fähigkeit zum Na^+ und Cl^- -Ausschluss aus den Sprossen (GREENWAY & MUNNS 1980).

Zur Anwendung der Gewebekultur für Salztoleranzuntersuchungen ist es notwendig, die Reaktion der ganzen Pflanzen *in vivo* und von Zellen oder Explantaten wie Wurzeln oder Sprossen *in vitro* zu vergleichen. Ein Zusammenhang zwischen der Salztoleranz der ganzen Pflanze und den Zellen *in vitro* existiert, wenn die Toleranz der Pflanze auf physiologischen Mechanismen in den Zellen beruht (NAIK & WIDHOLM 1993).

MORPURGO (1991) wies für zehn Kartoffelklone bei hohen Salzkonzentrationen hochsignifikante Korrelationen zwischen In-vitro-Wachstumsparametern und Ertragskomponenten unter Feldbedingungen nach. Die Überlebensrate von *Eucalyptus microtheca* reduzierte sich durch eine Erhöhung der NaCl-Konzentration im Medium auf 140 mM. Bis 70 mM NaCl wurde sogar die Bewurzelung zweier Klone stimuliert (MORABITO et al. 1994). Salinität wirkt sich auf die Induktion und Vermehrung des Kallus von Rosmarin aus. Die Sprossanzahl wurde durch Zugabe von 70 mM NaCl in das Vermehrungsmedium reduziert (TAWFIK 1997).

2.3 In-vitro-Verfahren zur Regeneration von *Pyrus* **Explantatarten**

Als Explantate eignen sich bei Birnen neben Sprossspitzen (NADOSY 1997, JONES & WEBSTER 1989, LEBLAY et al. 1992, NIINO et al. 1992, SINGHA et al. 1985, WANG 1992), auch Sprosssegmente (SONJUAN et al. 1990, AL MAARRI et al. 1994, OKA et al. 1991).

Desinfektion

OKA et al. (1991) benutzten für die Desinfektion der Sprosssegmente von *Pyrus serotina* 70%iges Ethanol für 1 Minute und 0,5%iges Natriumhypochlorid für 30 Minuten. SERGIO & CASO (1986) wendeten 70%iges Ethanol und 0,8%iges Natriumhypochlorid für 15 Minuten an. SHIBLI et al. (1997) verwendeten als Desinfektionsmittel für Knospen von Wildbirnen (*Pyrus syrica*) 5,25%iges Natriumhypochlorid und 0,1 %iges Tween 20 für 10 Minuten. LANE (1979) benutzte 2,5%iges Natriumhypochlorid für 15 Minuten für Knospen von *Pyrus communis* 'Bartlett' und FAGGIOLI et al. (1997) setzten für Sprossspitzen von *Pyrus communis* 0,7%iges Natriumhypochlorid für 10 Minuten ein.

Vermehrung

Für die Vermehrung von Birnensprossen werden verschiedene Medien empfohlen. Am häufigsten wird ein modifiziertes MS-Medium nach MURASHIGE & SKOOG (1962) verwendet (NANDWAN et al. 2000, PONCHIA & GARDIMAN 1993, WEBSTER & JONES 1991, PREDIERI et al. 1989, OKA et al. 1991, RIDA et al. 2000, LANE 1979, JONES & WEBSTER 1989, SHIBLI et al. 1997, PREDIERI et al. 1989, NIINO et al. 1992, SINGHA ET AL 1985). Ebenfalls gute Vermehrungsraten wurden auf anderen Medien erreicht. So benutzte z.B. NADOSY (1997) WPM-Medien für die Vermehrung von Birnenunterlagen.

Cytokinine haben bei *Pyrus* einen signifikanten Einfluss auf die Sprosstreckung (CHEVREAU & LEBLAY 1993). Nach SANJUAN et al. (1990) wird die Vermehrungsrate der Sprosse durch Zugabe von 0,5ml bis 2ml BAP gesteigert. CHEVREAU et al. (1989) beobachteten, dass die Wuchsregulierung sehr wichtig für die Regeneration von *Pyrus communis* ist. Die Regeneration konnte ohne Auxine, aber nicht ohne Cytokinine durchgeführt werden.

Der Zucker als Energiequelle hat einen entscheidenden Einfluss auf das Sprosswachstum bei *Pyrus*. RIDA et al. (2000) erzielten bei Wildbirnen eine höhere Regenerationsrate auf einem MS-Medium mit Saccharose als mit Fructose oder Glucose. CHEVREAU et al. (1989) berichteten, dass der Zusatz von Saccharose (10-50g/l) einen großen Einfluss auf die Sprossregeneration der Birnensorte 'Crystal' hat. Nach KUNNEMAN &

ALBERS (1992) liegt die optimale Konzentration von Saccharose für hohe Vermehrungsraten und ein hohes Sprosswachstum von *Pyrus communis* bei 30-35g/l.

Bewurzelungsphase

Durch Ansteigen der IBS-Konzentrationen bis 3mg/l wurden die Bewurzelungsraten (72%) und Wurzellängen bei Wildbirnen (*Pyrus syrica*) gesteigert (SHIBLI et al. 1997). AL MAARRI et al. (1994) berichten, dass die besten Auxine für die Bewurzelung von *Pyrus* NES und IBS (0,2mg/l) sind. IES dagegen ist ungeeignet für die Bewurzelung. Die Bewurzelungsrate erhöhte sich mit zunehmender Anzahl der Subkulturen (bis zu 14 Subkulturen) auf 70%, unter der Zugabe von IBS.

Saccharose spielt eine große Rolle für die Bewurzelung von *Pyrus*. Die besten Bewurzelungsraten wurden bei *Malus* und *Pyrus* auf MS-Medium mit 30g/l Saccharose erzielt (KUNNEMAN & ALBERS 1992).

Akklimatisation

Hormon- und Zuckerkonzentrationen sowie Art und Menge des Verfestigungsmittels in vitro wirken ex vitro weiter. KUNNEMAN & ALBERS (1992) fanden bei *Malus*- und *Pyrus*-Klonen, dass in vitro bewurzelte Sprosse sich besser akklimatisieren und rascher weiterwachsen als ex vitro bewurzelte. NADOSY (1997) stellte fest, dass die Akklimatisation am unproblematischsten ist, wenn *Pyrus* im März überführt wird, da sich die sommerliche Witterung positiv auszuwirken scheint.

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Klone aus dem Kreuzungsprogramm der Genbank Obst Dresden-Pillnitz

Im Rahmen dieser Versuche wurden die benötigten Pflanzen im Februar 2000 ausgewählt. Hierbei handelt es sich um insgesamt 13 Klone, wobei 5 Klone aus dem Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, Genbank Obst Dresden-Pillnitz für das Forschungsvorhaben genutzt wurden. Diese Klone sind Kreuzungen aus der Naumburg-Pillnitzer Birnenunterlagenzüchtung von verschiedenen *Pyrus*-Arten und -sorten (Tab. 1). Die verwendeten Klone sind Selektionen von MILDENBERGER & FISCHER aus dem in den 1960er Jahren begonnenen Kreuzungsprogramm. Die Klone Pi-Bu 2 und Pi-Bu 3 sind in den neu angelegten Bundesgemeinschaftsversuch für Birnenunterlagen aufgenommen worden (FISCHER 2003).

Tab. 1: Verwendete Selektionen aus der Naumburg-Pillnitzer Birnenunterlagenzüchtung von MILDENBERGER & FISCHER

Klon-bezeichnung	Wuchsstärke	Elternarten oder -sorten
Pi-Bu 2	mittel - schwach	<i>Pyrus communis</i> L. 'Clapps Liebling' x <i>Pyrus cossonii</i> REHDER
Pi-Bu 3	mittel - stark	<i>Pyrus pyrifolia</i> (BURM. f.) NAKAI (frei abgeblüht)
Pi-Bu 4	schwach	<i>Pyrus cossonii</i> REHDER (frei abgeblüht)
Pi-Bu 5	sehr schwach	<i>Pyrus amygdaliformis</i> VILL. x <i>Pyrus pyrifolia</i> (BURM. f.) NAKAI
Pi-Bu 6	mittel - stark	<i>Pyrus bretschneideri</i> REHD. x <i>Pyrus amygdaliformis</i> VILL.

Für die Versuche wurden von diesen Klonen Stecklinge zur Bewurzelung gewonnen. Gleichzeitig erfolgte eine In-vitro-Etablierung dieser Klone mit Sprosssegmenten.

Zusätzlich wurde die Sorte 'Kirchensaller Mostbirne' als Standard verwendet. Im weiteren Text wird die Sorte 'Kirchensaller Mostbirne' mit 'KS' abgekürzt. Für die Salzversuche wurden von dieser Sorte Sämlinge angezogen. Gleichzeitig erfolgte eine In-vitro-Etablierung dieser Sorte aus Sprosssegmenten vorgetriebener Containerpflanzen aus dem Gewächshaus.

3.1.2 Selektierte adulte *Pyrus*-Wildformen vom natürlichen Standort

Auf einem extremen Trockenstandort im Naturpark „Märkische Schweiz“ in der Nähe von Müncheberg (Bundesland Brandenburg, Landkreis Märkisch-Oderland), ca. 50km östlich von Berlin, wurden 7 Klone ausgewählt. Diese Klone zeichnen sich am Selektionsort durch eine überdurchschnittlich hohe Vitalität, ein hohes Lebensalter und eine gerade Schaftform aus (Abb.1 und 2).



Abb. 1: Ausgewählte Klone am Standort Müncheberg (M 1, M 10 und M 10 links; von links nach rechts)

Alle ausgewählten Bäume gehören zu *Pyrus communis* L. aggr. und bilden morphologisch variable Übergangsformen zwischen der Holz-Birne (*Pyrus pyrausta*) und der Kultur-Birne (*Pyrus communis* L.). Bei einem Exemplar wurde eine Veredlung vermutet. Aus diesem Grund wurde neben der vermeintlichen Sorte auch die Unterlage in Form eines Wurzelaustriebes zusätzlich in die Untersuchungen mit einbezogen. Diese beiden Klone werden im folgenden Text als „M 1 – Sorte“ bzw. „M 1 – Unterlage“ bezeichnet (Tab. 2).



Abb. 2: Ausgewählte Klone am Standort Müncheberg (M 17, M 19 und M 21; von links nach rechts)

Für die Versuche erfolgte von diesen Klonen eine Saatgutbeerntung, wovon Sämlinge angezogen wurden. Gleichzeitig wurde eine In-vitro-Etablierung dieser Klone mit Sprossspitzen durchgeführt.

Tab. 2: Selektierte Klone vom Standort Müncheberg (ausgewählte Merkmale)

Klon-Nr.	Höhe in m	Stammdurchmesser in 1,3 m Höhe (in m)	Kronenform, Stellung und Astwinkel der Leitäste, Wuchsform
M 10	11,5	0,80	kugelig, Astwinkel spitz, Äste aufstrebend, dann bogig überhängend
M 17	10,0	0,63	kugelig, Astwinkel spitz, Leitäste aufstrebend, dünnere Äste überhängend
M 19	9,5	0,77	flachkugelig, Äste waagrecht bis aufstrebend
M 21	11,5	0,51	kugelig, Äste waagrecht bis leicht überhängend
M 10 links	7,5	0,26	kugelig, Astwinkel spitz, Äste aufstrebend
M 1 Sorte	13,5	1,02	kugelig, Astwinkel spitz, Äste aufstrebend
M 1 Unterlage	3,5	0,12	Astwinkel spitz, Äste aufstrebend

Naturräumliche Gliederung und Bodenuntersuchungen am Standort

Die adulten *Pyrus*-Wildformen wurden im Naturpark Märkische Schweiz selektiert. Die naturräumliche Haupteinheit ist die Ostbrandenburgische Platte. Der Naturpark Märkische Schweiz ist ein ungefähr 60 km nordöstlich von Berlin gelegenes, 205 km² umfassendes Großschutzgebiet, das sich im Übergangsbereich vom südöstlichen Barnim zur Lebusplatte befindet. Auf den Grundmoränenplateaus wird durch Ackerflächen mit großen Schlägen (40-150 ha), die vorwiegend konventionell bewirtschaftet werden (KRETSCHMER 1995), charakterisiert. Der unmittelbare Standort befindet sich an der südöstlichen Grenze der Barnimplatte, im Übergangsbereich zum Buckower Kessel- und Hügelland.

Das Selektionsgebiet der ausgewählten *Pyrus*-Wildformen befindet sich ca. 9 km östlich der Stadt Strausberg und ca. 12 km nordwestlich der Stadt Müncheberg.

Der Feldgehölzstreifen, in dem die selektierten adulten *Pyrus*-Exemplare (M 10, M 17, M 19, M 21, M 10 links) wachsen, quert die Landstraße 34 zwischen den Dörfern Ruhlsdorf und Bollersdorf. Die Hecke ist schon 1863 auf einer Feldmanöverkarte als Heckenstruktur erkennbar. In späteren Kartenausgaben ist sie 1920 als Hecke und 1942 als Baumreihe, die die Gemeindegrenze markiert, eingetragen (Abb. 3).

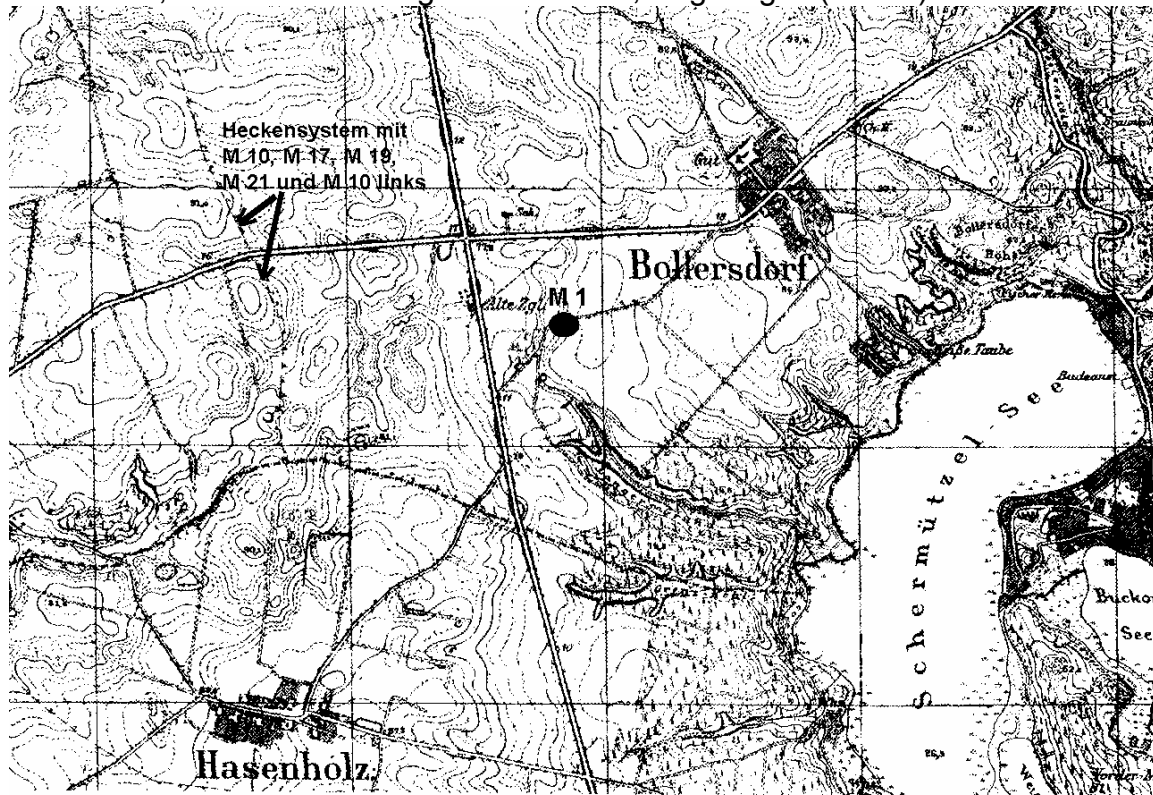


Abb. 3 Kartenausschnitt des Untersuchungsgebietes um 1940

Der Einzelbaum M 1 ist das letzte Exemplar eines ehemals mit Bäumen bepflanzten alten Wirtschaftsweges, der 600 m hinter der Kreuzung der Landstraßen 34 und 35, von der L35 Richtung Waldsiedersdorf nach links abzweigt. Er ist seit 1978 in der topografischen Karte als bemerkenswerter Einzelbaum an einem Nebenweg verzeichnet.

Geomorphologisch gesehen gehören die Hochflächen der Ostbrandenburgischen Platte zum älteren Jungmoränengebiet des Nordostdeutschen Tieflandes. Während der weichselzeitlichen Vereisung vor 20.000 Jahren stieß das Inlandeis bis zur Brandenburger Eisrandlage vor und hinterließ nach dem Rückschmelzen die Grundmoränenplateaus der Ostbrandenburgischen Platte. Diese lehmigen Grundmoränen wurden vielfach von Sanderaufschüttungen der von Nordwesten über Barnim- und Lebushochfläche verlaufenden jüngeren Frankfurter Staffel oder von Flugsand überprägt. Es entstanden Endmoränenhöhen, Täler und große Dünengebiete. Die Schmelzwasser der Pommerschen Eisrandlage schufen die Buckower Rinne, die im Stöbbertal über das Rote Luch verlaufend, Barnim- und Lebusplatte voneinander trennt.

Relative Niederschlagsarmut und überwiegend sandig bis sandig-lehmige Substrate prägten die Bodenbildung, deren Hauptprozesse Verbraunung und Lessivierung sind. So entwickelten sich auf der eher sandigen Grundmoräne von Barnim- und Lebusplatte Fahlerden, Bänderparabraunerden und Bänder-Braunerden. Auf lehmreicheren Sanden entlang der Frankfurter Staffel bildeten sich Braunerden, Pararendzinen, Regosole und Bänderparabraunerden. Die mittlere Ackerzahl in der Region beträgt 30, bei einer

Wertespanne von 15-37 der Gemeindemittel (SCHOLZ 1962, DALCHOW 1995, SCHATZ 2000). Die Böden entwickelten sich über kalkreichen Geschiebemergeldecken (Kalkgehalt 10-20%), teilweise ist ihre Lagerung gestört. Meist sind die Geschiebemergeldecken stark übersandet. Sandige sickerwasserbestimmte Substrattypen mit Tieflehm herrschen fast überall vor. Schwach bis mäßig gebleichte Podsole, auch mäßig gebleichte Braunerden treten auf. Typisch ist die kleinräumige, sehr heterogene Verteilung einzelner Bodenformen mit der Hauptbodenart lehmiger Sand. Trotz einheitlicher Bewirtschaftung herrschen auf großen Schlägen meist sehr differenzierte Standortbedingungen (KRETSCHMER 1995).

Die Ostbrandenburgische Platte unterliegt dem Einfluss des Mecklenburgisch-Brandenburgischen Übergangsklimas (SCHATZ 2000). In den Sommermonaten machen sich ozeanische Einflüsse stärker bemerkbar, im Winter kontinentale. Der östliche Teil des Barnims und der Lebusplatte, besonders deren höhere Lagen gehören zum kältesten Gebiet des Flachlandes und weisen eine starke Jahresschwankung der Temperatur auf (Tab. 3).

Tab. 3 Klimakenngößen des Untersuchungsstandortes (nach SCHATZ 2000)

	Mecklenburgisch-Brandenburgisches Übergangsklima	Barnim-Platte	Buckower Kessel- und Hügellandschaft
Jahresmitteltemperatur		7,5 - 8,5°C	7,5 - 8,5°C
Monatsmittel Juli	17,5 - 18,5 °C	17,5 - 18,5°C	17,5 - 18,0°C
Monatsmittel Januar	-1,5 - 0°C	-1,5 - 0°C	-1,5 - 0°C
Jährliche Niederschlags-summen	490 - 590 mm	520 - 590 mm	510 - 570 mm

Die photometrische Bestimmung der Nährstoffgehalte und die Bestimmung der pH-Werte der verschiedenen Bodenproben aus 0-30 bzw. 30-60 cm Tiefe erbrachte folgende Ergebnisse in unmittelbarer Nähe der selektierten Bäume (Tab. 4).

Tab. 4: Ergebnisse der Nährstoffanalysen in mg/100 g Boden

	M 1	M 10	M 17	M 21	M 10 links
0-30 cm					
Mg	-	2,31	2,29	2,22	-
NO₃-N	0,43	0,81	0,80	0,44	0,9
K₂O	21,28	15,03	10,29	11,11	10,11
P₂O₅	11,70	8,09	5,71	3,33	5,61
pH	4,82	3,85	3,80	4,09	4,25
30-60 cm					
Mg	2,16	5,49	3,30	< 1,08	-
NO₃-N	0,76	0,88	0,88	0,86	0,65
K₂O	15,13	9,89	8,79	< 1,08	7,61
P₂O₅	9,73	8,79	8,79	5,40	5,43
pH	4,31	3,98	4,0	4,36	4,22

Mit zunehmender Tiefe nehmen größtenteils die Gehalte an Mg, NO₃-N und P₂O₅ zu. Im Gegensatz dazu nehmen die Gehalte von K₂O mit zunehmender Tiefe ab.

Auffällig sind die niedrigen pH-Werte zwischen 3,8 und 4,82, die denen von Podsolen entsprechen. Für das Untersuchungsgebiet Buckower Kessel- und Hügelland werden schwach bis mäßig gebleichte Podsole als Bodenform angegeben (SCHOLZ 1962).

Da nur der Nitratstickstoffgehalt ermittelt wurde, der NH₄-Anteil und der organischer Stickstoff in Form von Huminstoffen, Vegetationsrückständen, lebender und abgestorbener Biomasse unberücksichtigt blieb, ist die Versorgung mit Stickstoff schwierig zu bewer-

ten. Die höheren $\text{NO}_3\text{-N}$ Gehalte in 30 bis 60 cm Tiefe sind durch Verlagerung mit dem Sickerwasser der Winterniederschläge erklärbar.

Der Vergleich der gemessenen Nährstoffgehalte mit den Werten der Phosphorversorgung von Böden nach ALT (in KRÜSSMANN 1997) ergibt eine mittlere Phosphorversorgung.

Die Kaliumgehalte sind gleichmäßiger verteilt, sie entsprechen überwiegend einem mittleren Versorgungsgrad.

Die Gehalte an Magnesium entsprechen an allen Standorten einem niedrigen Versorgungsgrad.

Die Variabilität der Bodenarten besonders in 60 bis 90 cm Tiefe (in die Nährstoffanalysen nicht mit einbezogen) entspricht den Angaben von KRETSCHMER (1995), wonach große Heterogenität der Bodenformen auf kleinstem Raum mit der Hauptbodenart lehmiger Sand typisch für das Buckower Kessel- und Hügelland ist.

3.2 Methoden

3.2.1 In-vitro-Methoden zur Regeneration

Etablierung

Die Explantate wurden von Februar bis Mai 2000 entnommen. Die Sprosse wurden auf ca. 1 cm Länge geschnitten und für eine Stunde unter fließendem Wasser gereinigt und anschließend in 0,2%igem Quecksilberchlorid, unter Zusatz von zwei Tropfen Tween 20 für 3 min desinfiziert. Danach wurden die Explantate dreimal mit sterilem destilliertem Wasser nachgespült und die desinfizierten Explantate auf einem Medium nach MURASHIGE & SKOOG (1962) zur Regeneration aufgesetzt.

Vermehrung

Für die Medienoptimierung wurde die 'KS' ausgewählt. Die Grundlage bildete jeweils das Basismedium nach MURASHIGE & SKOOG (1962) (Tab. 5). Es wurden 7 Nährmedienvarianten (VM 1, VM 20, VM 36, VM 37, VM 38, VM 39 und VM 40), die sich in der Hormon- und BAP-Konzentration unterschieden, erarbeitet. Alle Medien enthielten 30 g/l Saccharose, 8 g/l Agar. Der pH-Wert wurde auf 5,8 eingestellt. Eine Ausnahme bildete VM 40, hier wurde die Konzentration der Makro- und Mikronährstoffe halbiert. VM 1, VM 20, VM 37 und VM 40 beinhalten 1 mg/l BAP, VM 36 2,5 mg/l BAP. Die Medien von VM 1 und VM 20 enthielten 0,001 mg/l IES. NES mit 1 ml/l wurde nur im Medium VM 38 verwendet.

Tab. 5: Zusammensetzung des MS-Grundmediums nach MURASHIGE & SKOOG (1962)

Bestandteil			Menge
Makrostammlösung	NH ₄ NO ₃	16,5 g/l	100 ml/l
	KNO ₃	19,0 g/l	
	CaCl ₂ x H ₂ O	4,4 g/l	
	MgSO ₄	1,8 g/l	
	KH ₂ PO ₄	1,7 g/l	
Mikrostammlösung	ZnSO ₄ x 4 H ₂ O	0,86 g/l	10 ml/l
	H ₃ BO ₃	0,62 g/l	
	MnSO ₄ x H ₂ O	2,23 g/l	
	KJ	0,083 g/l	
	Na ₂ MoO x H ₂ O	0,025 g/l	
	CuSO ₄ x 5 H ₂ O	0,0025 g/l	
	CoCl ₂ x 6 H ₂ O	0,0025 g/l	
Eisen	Na ₂ EDTA x 2 H ₂ O	7,45 g/l	5 ml/l
	FeSO ₄ x 7H ₂ O	5,57 g/l	
Myo-inositol			100 mg/l
Thiamin-HCl			0,1 ml/l
Pyridoxin-HCl			0,5 ml/l
Nicotinic			0,5 ml/l
Biotin			0,2 ml/l

Die erfolgreich etablierten Sprosse wurden zur Vermehrung auf das modifizierte MS-Medium aufgesetzt. 15 Explantate je Variante dienten als Versuchsmaterial. Als Kulturgefäße dienten 150 ml Erlenmeyerkolben. Je Kolben wurden 6 Sprosse mit einer Länge von 20 bis 25 mm angesetzt. Je Subkultur wurde die durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse in Abhängigkeit vom verwendeten Medium ermittelt. Eine Subkultur dauerte zuerst 4 Wochen, wurde aber ab der 2. Subkultur auf 6 Wochen verlängert. Nach dieser Zeit erfolgte ein Umsetzen auf ein frisches Nährmedium. Im

Wachstumsraum wurden die Kulturen bei Weißlicht (Leuchtstofflampen- neutralweiß), einem 16/8 Tag-Nacht Rhythmus und $22^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$ zur Vermehrung angeregt (Abb. 4).



Abb. 4: Sprossvermehrung der Klone im Wachstumsraum

Für die Versuche zur Prüfung auf Salztoleranz wurde die Anzahl der Klone reduziert und nur noch mit 5 Klonen in vitro weitergearbeitet. Es wurden die Klone ausgewählt, die in vitro die höchsten Vermehrungsraten zeigten. Von den Klonen aus Müncheberg wurden Baum M 1 (Sorte) und M 21, aus Dresden-Pillnitz Pi-Bu 2 und Pi-Bu 3 sowie die 'KS' ausgewählt.

Bewurzelung

Die letzte Subkultur erfolgte für 6 Wochen unter gleich bleibenden Kulturbedingungen im Wachstumsraum auf 4 verschiedenen Bewurzelungsmedien (BM 14 bis BM 17). Je Medium wurden 10 ERLLENMEYER-kolben mit 6 Sprossen mit einer Länge von 20 bis 30 mm angesetzt. Die Bewurzelungsmedien waren modifiziert nach (MURASHIGE & SKOOG 1962). Die Medien enthielten im Gegensatz zum verwendeten Vermehrungsmedium nur die halbe Konzentration an Makronährstoffen und Saccharose. Die Medien unterschieden sich nur in ihrer Konzentration an Indol-3-Buttersäure (IBS). Das Medium BM 14 war frei von IBS, bei BM 15 wurden 1 mg/l, bei BM 16 wurden 2 mg/l und bei BM 17 wurden 3 mg/l dem Medium zugesetzt.

Nach 6 Wochen wurden die Sprosse aus den Kulturgefäßen entnommen. Die Anzahl bewurzelter Sprosse und die Anzahl gebildeter Wurzeln je Spross wurden gezählt.

Akklimatisierung im Gewächshaus

Die bewurzelten und noch nicht bewurzelten Sprosse wurden Ende März 2002 in Jiffy-7-Torfquelltöpfe pikiert. Das Aufquellen der Jiffy-7-Pots erfolgte mit destilliertem Wasser. Dabei wurden die Torfquelltöpfe nur mit 70% ihrer maximalen Saugfähigkeit (35 ml pro Jiffy-7) aufgequollen. Nach dem Auspflanzen der Sprosse wurden die Jiffy-7 Torfquelltöpfe in Pikierkisten (50 x 32 x 6 cm) mit Abdeckhaube gestellt. In die ca. 1 cm breiten Lücken zwischen den Torfquelltöpfen wurde Torfmoos (*Sphagnum spec.*) gelegt. Die Temperatur in den Pikierkisten betrug $22^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

Nach dem Anwachsen der Pflanzen ohne weiteres zusätzliches Wässern erfolgte nach 4 bis 6 Wochen die allmähliche Abhärtung durch eine schrittweise Reduzierung der Luftfeuchte (Abb. 5).

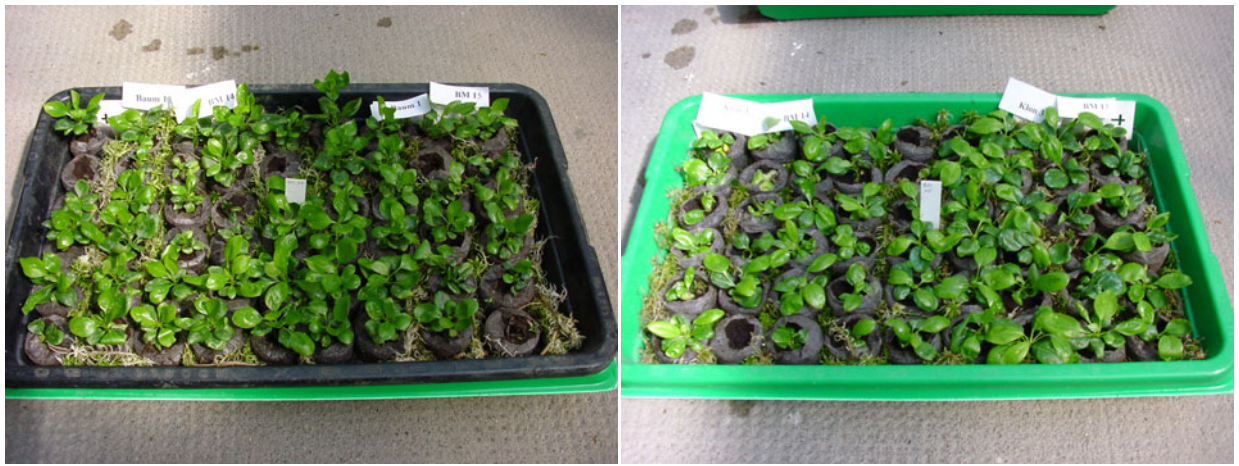


Abb. 5: Akklimatisation von Klon M 1 (links) und Klon Pi-Bu 3 in Jiffy-7-Pots

Ende Mai 2002 wurden die akklimatisierten Sprosse in ein Grundbeet unter einem Folientunnel aufgepflanzt. Vorher wurde die Akklimatisationsrate (Prozentsatz überlebender Pflänzchen) erfasst.

Nach einer 4-monatigen Kultur im Grundbeet wurde der Sprosszuwachs der Klone in Abhängigkeit vom ursprünglichen Bewurzelungsmedium gemessen. Anfang November 2002 wurden die Pflanzen gerodet und für weitere Salzbelastungsversuche ex vitro in Mitscherlichgefäße getopft.

3.2.2 NaCl-Behandlung in vitro

Ein NaCl-Steigerungsversuch wurde angelegt, um die Salzverträglichkeit der *Pyrus*-Klone zu ermitteln. 5 Klone dienten dabei als Versuchspflanzen:

- Müncheberg M 21
- Müncheberg M 1 (Sorte)
- Dresden-Pillnitz Pi-Bu 2
- Dresden-Pillnitz Pi-Bu 3
- Kirchensaller Mostbirne 'KS'

Im ersten Versuch der drei In-vitro-Versuche musste auf M 1 (Sorte) und 'KS' verzichtet werden, weil das Versuchsmaterial dieser Klone nicht ausreichte.

Die Versuche dauerten jeweils 6 Monate. Als Grundmedium für die Versuche wurde VM 1 eingesetzt. Bei allen Versuchen betrug der Stichprobenumfang 50 Explantate je Variante (Tab. 6).

Es wurden folgende Bonituren durchgeführt:

- Vermessung der Triebblängen nach jeder Subkultur
 - Bestimmung der Vermehrungsrate je Subkultur
 - Ermittlung der Blattschädigungen für jeden Versuch
- Für die Vergleichbarkeit der Untersuchungen wurde eine Toleranz- und Letalitäts-grenze definiert. Die Toleranzgrenze liegt bei einer Absterberate von bis zu 50%, die Letalitätsgrenze bei einer Absterberate von über 80% abgestorbener Sprosse.

Tab. 6: Versuchszeitraum und NaCl-Behandlungsstufen der In-vitro-Versuche

Versuchsbeginn	Versuchsende	Steigerungsstufen in mM NaCl
Juni 2001	November 2001	25, 50, 100, 200
Februar 2002	August 2002	50, 75, 100
Februar 2003	August 2003	25, 50

3.2.3 NaCl-Behandlung in vivo

Die je 3 Versuche erfolgten in der Klimakammer und im Gewächshaus.

NaCl-Behandlung in der Klimakammer

Versuchsbedingungen: Die Klimakammern wurden jeweils auf einen 12-h-Tag programmiert. Es wurde eine Beleuchtungsstärke von 10 klx eingestellt. Die Temperaturen betrugen 20°C am Tag und 15°C in der Nacht, die Luftfeuchtigkeit 70% am Tag und 80% in der Nacht (Abb. 6). Im Versuchsjahr 2003 wurde von einer Variante bei Klon M 21 (in vitro vermehrt) die Temperatur im Versuchsverlauf gesteigert und die Luftfeuchtigkeit reduziert (Tab. 7). Diese Variante wird im folgenden Text mit „HT“ (höhere Temperatur) bezeichnet.

Tab. 7: Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Klimakammer 2003 bei M 21 (in vitro vermehrt)

	1. bis 4. Woche	5. bis 8. Woche	9. bis 10. Woche
Temperatur	25°C am Tag 20°C in der Nacht	30°C am Tag 25°C in der Nacht	32°C am Tag 25°C in der Nacht
Luftfeuchtigkeit	65% am Tag 80% in der Nacht	60% am Tag 75% in der Nacht	55% am Tag 75% in der Nacht



Abb. 6: Klon M 21 zum Versuchsbeginn in der Klimakammer 2002

Es wurden 3 l Töpfe verwendet. Als Substrat wurde Einheitserde Typ T der Fa. HAGERA, mit 70% Torf (mittlere Struktur), 30% Ton, pH 5,7, Düngungstyp hoch, eingesetzt. Dem Substrat wurden 10% Perlite beigemischt. Die Pflanzen wurden je nach Bewässerungsbedarf mit 25-100 ml NaCl-Lösung der jeweiligen Konzentrationen jeden zweiten Tag bewässert (Tab. 8). Die Versuchsdauer betrug jeweils 10 Wochen. Auf eine Behandlung mit 600 bzw. 400 mM NaCl wurde in den Versuchen 2 und 3 verzichtet, da bei diesen hohen Konzentrationen die Letalitätsgrenzen erreicht wurden.

Tab. 8: Verwendete Klone und NaCl-Stufen für die Versuche in der Klimakammer

Versuche	Zeitpunkt	Steigerungsstufen in mM NaCl	Verwendete Klone
Versuch 1	15.05.2001 - 31.07.2001	100, 200, 400, 600	'KS' (Sämlinge)
Versuch 2	26.04.2002 - 08.07.2002	100, 200, 300, 400	'KS' (Sämlinge) M 21 (Sämlinge)
Versuch 3	10.04.2003 - 01.07.2003	100, 200, 300	'KS' (Sämlinge) M 21 (Sämlinge) M 21 (in vitro vermehrt) M 21 (in vitro vermehrt, HT)

NaCl Behandlung im Gewächshaus

Die Pflanzen wurden im Foliengewächshaus in 5 l Mitscherlichgefäßen kultiviert. Das Gewächshaus wurde schattiert und an den beiden Längsseiten geöffnet. Als Substrat wurde gleichermaßen wie in der Klimakammer die Einheitserde Typ T verwendet. Die Pflanzen wurden je nach Bewässerungsbedarf mit 100-200 ml NaCl-Lösung der jeweiligen Konzentrationen jeden zweiten Tag bewässert (Abb.7). Der erste Versuch hatte eine Dauer von 14 Wochen, die beiden folgenden Versuche hatten eine Dauer von 10 Wochen (Tab. 9). Auf eine Behandlung mit 600 bzw. 400 mM NaCl wurde in den Versuchen 2 und 3 verzichtet, da bei diesen hohen Konzentrationen die Letalitätsgrenzen erreicht wurden.



Abb. 7: Gefäßversuch im Gewächshaus 2001

Tab. 9: Verwendete Klone und NaCl-Stufen für die Versuche im Gewächshaus

Versuche	Zeitpunkt	Steigerungsstufen in mM NaCl	Verwendete Klone
Versuch 1	03.08.2001 - 21.11.2001	100, 200, 400, 600	'KS' (Sämlinge) M 21 (Sämlinge) M 17 (Sämlinge) M 10 links (Sämlinge) Pi-Bu 3 (Stecklinge) Pi-Bu 4 (Stecklinge)
Versuch 2	07.06.2002 - 23.08.2002	100, 200, 300, 400	'KS' (Sämlinge) M 21 (Sämlinge) M 10 (Sämlinge) Pi-Bu 2 (Stecklinge) Pi-Bu 4 (Stecklinge) Pi-Bu 6 (Stecklinge)
Versuch 3	03.06.2003 - 13.08.2003	100, 200, 300	'KS' (in vitro vermehrt) M 21 (Sämlinge) M 1 Sorte (in vitro vermehrt) Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)

Salzstressbonitur in vivo

Die Kontrolle der Blattschädigungen erfolgte ab Behandlungsbeginn sowohl in den Klimakammern als auch im Gewächshaus im Abstand von 7 Tagen. Dabei wurden die Triebhöhen der Pflanzen gemessen (Versuchsanfang und -ende). Außerdem wurden die nekrotischen Blätter erfasst.

Analog zu den In-vitro-Versuchen wurde wiederum eine Toleranz- und Letalitätsgrenze definiert. Die Toleranzgrenze liegt bei einem Anteil von bis zu 50%, die Letalitätsgrenze bei einem Anteil von über 80% abgestorbener Blätter.

Analyse des Chloridgehaltes

Die Natrium- und Chloridgehalte wurden in den Blättern, Wurzeln, Wurzelhälsen, Sprossen und Sprossspitzen bestimmt. Um die Chloridverteilung als einen möglichen Hinweis auf die Salzverträglichkeit von *Pyrus* zu nutzen, wurde der Chloridgehalt in den o.g. Pflanzenteilen analysiert. Die Proben wurden 24 Stunden bei 105°C getrocknet. Dann wurden die Proben gemahlen. 1 g wurde zur Analyse eingewogen und in 50 ml destilliertes Wasser eingerührt. Die Proben wurden für eine Stunde in einem Schüttelwasserbad mit 100°C erhitzt und anschließend zentrifugiert. Die Chloridmessung erfolgte mit dem EPPENDORF-Chloridmeter. Zur Analyse wurde die Elektrolytlösung des Herstellers verwendet (7,5 ml Essigsalpetersäurelösung und 0,5 ml Gelatinelösung).

Analyse des Natriumgehaltes

Um auch die Natriumverteilung als einen möglichen Hinweis auf die Salzverträglichkeit von *Pyrus* zu nutzen, wurde der Natriumgehalt in den o.g. Pflanzenteilen analysiert. Die Proben wurden 24 Stunden bei 105°C getrocknet, danach gemahlen. 0,5 g der gemahlenen Proben wurden mit H₂SO₄ und H₂O₂ oxidiert. Die Natriummessung erfolgte mit dem Flammphotometer.

3.2.4 Bodenuntersuchungen

Am Selektionsort der Müncheberger Klone wurden Bodenuntersuchungen durchgeführt. Die Bodenproben wurden im Frühjahr 2002 mit Hilfe eines Probestechers entnommen. Drei Entnahmenstellen befanden sich am Anfang, in der Mitte und am Ende des Heckenabschnittes in denen die *Pyrus*-Exemplare M 10, M 17, M 19 und M 21 stehen. Weitere zwei Beprobungen wurden direkt bei den Bäumen M 1 Sorte und M 10 links vorgenommen, mit jeweils drei Einzelproben in den Bodentiefen 0-30, 30-60 und 60-90 cm. Im Labor wurden die Nährstoffgehalte (N, P, K, Mg) und der pH-Wert der Proben ermittelt.

3.2.5 Morphologische und genetische Untersuchungen zur Charakterisierung der selektierten Müncheberger Klone

Die Erfassung der Merkmale von Baumhabitus, Blättern und Früchten erfolgte zur Unterscheidung und Identifizierung der selektierten Klone (Tab. 10). Von jedem Exemplar wurden jeweils 50 Blätter und Früchte für die morphologische Charakterisierung entnommen.

Tab. 10: Erfasste morphologische und phänologische Merkmale

Merkmale	Bemerkungen
Habitus	Form der Krone Stellung und Astwinkel der Leitäste Dornigkeit der Zweige Wuchsform Stammumfang in 1,3 m Höhe
Blattmerkmale	Blattform Blattgröße (Spreitenlänge und Spreitenbreite) Blattstiellänge Verhältnis aus Spreitenlänge / Spreitenbreite Verhältnis aus Blattstiellänge / Spreitenlänge
Fruchtmerkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Frucht (Form, Höhe, Breite, Lage der breitesten Stelle, Verhältnis aus Fruchthöhe / Fruchtbreite, Reifezeit, Geschmack, Steinzellen, Samengröße und -form) • Fruchstiel (Form, Position, Länge, Durchmesser) • Kelch (Lage und Ausprägung der Kelchblätter an der reifen Frucht) • Fruchtschale (Farbe und Berostung)
Blattaustrieb	Blätter geschoben, beginnende Blattentfaltung, vollständige Blattentfaltung
Blüte	Blühbeginn, Vollblüte, Blühende

Um die Verschiedenheit der ausgewählten Klone auf genetischer Ebene nachzuweisen, wurden Untersuchungen in Form von Isoenzymanalysen (Stärkegel-Elektrophorese) an insgesamt 23 ausgewählten *Pyrus*-Exemplaren aus den Hecken-systemen des Selektionsstandortes Müncheberg und der Referenzsorte 'KS' durchgeführt. Gleichzeitig sollte der Nachweis erbracht werden, dass es sich bei M 1 (Sorte bzw. Unterlage) um eine Sorten-Unterlagen-Kombination handelt. Diese Untersuchungen wurden am Fachgebiet Forstgenetik, Arbeitsgruppe MÜLLER-STARCK, der Technischen Universität München durchgeführt. In Vorversuchen fanden Tests von ca. 20 Enzymsystemen auf ihre Eignung zur Ermittlung ihrer genetischen Variation an Knospen statt. Für die Charakterisierung wurden 11 Enzymsysteme ausgewählt.

Diese kodieren bei der Gattung *Pyrus* mindestens 17 polymorphe Genloci (Tab. 11). Die methodischen Grundlagen der Stärkegel-Elektrophorese, einschließlich der Herstellung und Anfärbung der Gele, beziehen sich auf Angaben von BERGMANN et al. (1993), KIM (1979 und 1985), MÜLLER-STARCK (1985), MURPHY et al. (1996), SMITHIES (1955), YEH & O'MALLEY (1980) und ZANDER (2000).

Tab. 11: Untersuchte Enzymsysteme

Enzymsysteme	Abkürzung
Aspartataminopeptidase	AAP
Aspartataminotransferase	AAT
Aconitase	ACO
Alkoholdehydrogenase	ADH
Isocitratdehydrogenase	IDH
Leucin-Amino peptidase	LAP
Malatdehydrogenase	MDH
6-Phosphoglucomutase	6PGDH
Phosphoglucoseisomerase	PGI
Phosphoglucomutase	PGM
Shikimatdehydrogenase	SKDH

Die Grundlage der Stärkegel-Elektrophorese bildet ein Gel, bestehend aus Stärke, Saccharose und Gelpuffer. Aus Knospen und Rinde wurde ein Enzymrohextrakt gewonnen, der in Extraktionspuffer homogenisiert wurde. An die Aufbringung der Proben auf das Gel schloss sich die Lagerung auf der Kühlplatte der Elektrophoresekammer an. Über Pufferbrücken wurde eine Verbindung mit den Elektrodenpuffern der Kammerwannen hergestellt. Nach dem Anschluss an eine Gleichstromquelle erfolgte die elektrophoretische Trennung bei gleich bleibender Stromstärke, ansteigender Stromspannung und konstanter Temperatur. Nach dem Trennvorgang wurde die enzymatische Aktivität sichtbar gemacht.

Dazu wurden die Gelscheiben, je nach zu untersuchendem Enzymsystem, mit speziellen Färbelösungen behandelt. Durch die chemische Reaktion wurden die Enzymmuster (Zymogramme) sichtbar.

Im Anschluss an die Fixierung der angefärbten Gele erfolgte die Auswertung der Zymogramme. Hierfür wurden die Zonen eines Enzymsystems mit Großbuchstaben bezeichnet, wobei die Zone der höchsten Mobilität das „A“ erhielt, die nächste „B“ und so fort. Die Anzahl der gebildeten Banden hängt von der Menge der Polypeptide ab, aus denen das jeweilige Enzym besteht. Das am schnellsten wandernde Allel (Bande) wurde mit „1“ nummeriert, homozygote Allele durch Verdopplung der Nummer angezeigt, heterozygote Allele durch entsprechende Nummernkombinationen (ZANDER 2000).

Ziel war es, die genetische Heterozygotie bzw. den individuellen Heterozygotiegrad zu bestimmen, um Aussagen über die genetische Ähnlichkeit und das Verwandtschaftsverhältnis der *Pyrus*-Exemplare treffen zu können.

3.2.6 Statistische Methoden

Bei allen Auswertungen wurden die Mittelwerte mit der Varianzanalyse und dem paarweise multiplen Vergleichstest auf signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS für Windows geprüft. Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden durch Buchstaben gekennzeichnet. Mittelwerte, die mit gleichen Buchstaben beschriftet sind, unterscheiden sich nicht. Die Graphiken wurden unter Verwendung von Microsoft Excel 2000 erstellt.

4 Ergebnisse

4.1 In-vitro-Regeneration von selektierten adulten *Pyrus*-Wildformen

4.1.1 Etablierung

In dem Versuchsjahr 2000 wurden die Sprosse der selektierten adulten *Pyrus*-Wildformen aus Müncheberg erfolgreich in vitro etabliert. Der Erfolg der In-vitro-Regeneration wurde jeweils mit den aus juvenilem Ausgangsmaterial etablierten Klonen aus Dresden-Pillnitz und der 'KS' verglichen.

Der Etablierungserfolg der Sprosse der einzelnen Klone war sehr unterschiedlich. Die größten Ausbeuten mit 100% erzielten die Klone M 19 und M 1 (Sorte bzw. Unterlage) aus Müncheberg, die Klone Pi-Bu 2, Pi-Bu 4 und Pi-Bu 6 aus Dresden-Pillnitz und die 'KS'. Die geringste Ausbeute mit 33,3% erzielte M 10 links aus Müncheberg. Ursache war hier eine starke Kontamination mit Bakterien. Alle anderen Klone lagen zwischen 33,3 und 100%.

4.1.2 Vermehrung

Im März 2000 wurden die erfolgreich etablierten Sprosse zur Vermehrung von 'KS' auf sieben verschiedene Medien nach MURASHIGE & SKOOG (1962) aufgeteilt. Je Subkultur wurde die durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse in Abhängigkeit vom verwendeten Medium ermittelt. Nach sechs Subkulturen erfolgte eine Auswertung der Vermehrungsraten der verwendeten sieben Medien. Die höchste durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse erzielten VM 1 (1 mg/l BAP; 0,01 mg/l IES) sowie VM 36 (2,5 mg/l BAP), die geringste VM 40 (Makro- und Mikrostaumlösung halbiert; 1 mg/l BAP; 0,1 mg/l IBS). Signifikante Unterschiede gab es nur zwischen VM 1 und VM 36 im Vergleich zu VM 40. Die durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse je Subkultur lag in Abhängigkeit des verwendeten Nährmediums zwischen 1,01 und 1,643.

Im Mai 2000 wurden die erfolgreich etablierten Sprosse der Klone aus Müncheberg und die Vergleichsklone aus Dresden-Pillnitz zur Vermehrung auf zwei Medien (VM 1 und VM 36) nach (MURASHIGE & SKOOG 1962) aufgeteilt. Die zwei MS-Medien hatten keine signifikante Auswirkung auf die Vermehrungsrate der Müncheberger Klone. Die durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse je Subkultur lag nach fünf Subkulturen bei den Klonen aus Müncheberg zwischen 1,1 und 1,44 (Abb. 8).



Abb. 8: In-vitro-Vermehrung von 'KS' und Klon M 21 auf Vermehrungsmedium VM 1

4.1.3 Bewurzelung

Die Wurzelbildung begann bei allen Genotypen 15-20 Tage nach dem Umsetzen auf das Bewurzelungsmedium. Mit Zunahme der IBS-Konzentration konnte eine verstärkte Kallusbildung bei allen Klonen beobachtet werden. Unter In-vitro-Bedingungen konnten bis zu 100 % der Sprosse (Pi-Bu 3 auf BM 17, 'KS' auf BM 14 und BM 15) bewurzelt werden. Nur bei M 21 konnte durch die Zugabe von IBS eine signifikante Erhöhung der Bewurzelungsrate gegenüber der hormonfreien Variante (BM 14) festgestellt werden. Bei den Klonen Pi-Bu 2, Pi-Bu 3 und 'KS' brachte die Zugabe von IBS zum Bewurzelungsmedium keinen Effekt. Bei M 1 (Sorte) führte IBS sogar zu einer signifikanten Abnahme der Bewurzelungsrate sowie zu überdurchschnittlich starker Kallusbildung (Tab. 12).

Tab. 12: In-vitro-Bewurzelungsraten in Abhängigkeit von der IBS-Konzentration im Bewurzelungsmedium

Klone	Bewurzelungsrate in %			
	BM 14 ohne IBS	BM 15 1 mg/l IBS	BM 16 2 mg/l IBS	BM 17 3 mg/l IBS
M 1	83,90 a	36,43 b	44,03 b	55,53 b
M 21	32,83 b	62,68 a	60,80 a	79,00 a
Pi-Bu 2	38,64 a	31,85 a	26,20 a	27,00 a
Pi-Bu 3	95,82 a	89,57 a	93,75 a	100,00 a
'KS'	100,00 a	100,00 a	91,70 a	96,70 a

Ähnlich unterschiedlich wie bei der Bewurzelungsrate verhielten sich die Müncheberger Klone bei der Wurzelbildung: während bei M 1 die größte Wurzelanzahl ohne IBS erreicht wurde, gab es bei M 21 mit der höchsten IBS-Konzentration die durchschnittlich größte Wurzelanzahl. Beim Klon Pi-Bu 2 konnte durch Zugabe von IBS keine Erhöhung der Wurzelanzahl erreicht werden. Bei 'KS' und Klon Pi-Bu 3 konnte die ohnehin schon sehr starke Wurzelbildung auf dem hormonfreien Medium durch IBS-Zugabe noch weiter erhöht werden (Abb. 9).

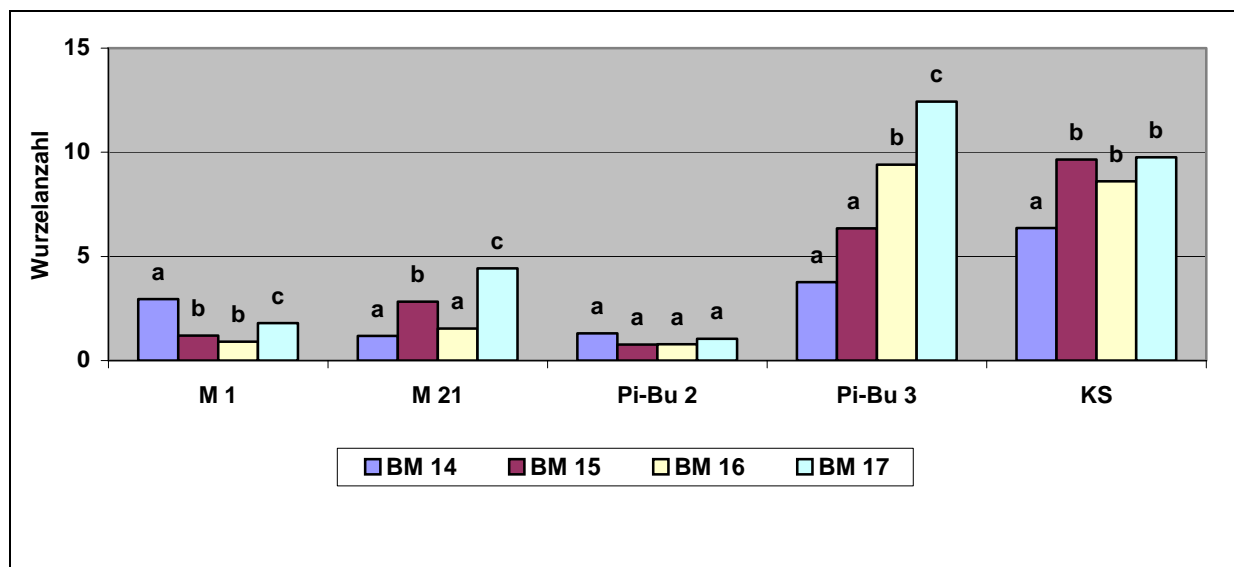


Abb. 9: Einfluss der IBS-Konzentration im Bewurzelungsmedium auf die durchschnittliche Wurzelanzahl je bewurzelter Spross

4.1.4 Akklimatisation

Drei bis vier Wochen nach der Überführung der bewurzelten und unbewurzelten Sprosse streckten sich die ersten Wurzelspitzen aus den Jiffy-7-Torfquelltöpfen heraus. Gleichzeitig setzte ein deutlich sichtbares Wachstum der Sprosse ein. Die Erfassung der Akklimatisationsrate nach sechs Wochen ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klonen und den verwendeten Bewurzelungsmedien. Die Überlebensrate lag auf einem sehr hohen Niveau zwischen 32% und 100%. Sogar die unbewurzelt abgesteckten Mikrostecklinge zeigten einen Überführungserfolg von bis zu 100% (Tab.13). Diese Mikrostecklinge konnten sich während der Überführungsphase in den Jiffy-7-Torfquelltöpfen bewurzeln (Abb. 10).



Abb. 10: Bewurzelung von Klon M 1, M 21 und Pi-Bu 2 (von links nach rechts) in Jiffy-7-Torfquelltöpfen, in Abhängigkeit vom Bewurzelungsmedium

Klon Pi-Bu 2, bei dem nur ca. $\frac{1}{3}$ der Sprosse mit Wurzeln ausgepflanzt wurden, hatte den höchsten Überführungserfolg. Von insgesamt 240 Sprossen bei diesem Klon überlebten nur vier Exemplare nicht.

Tab. 13: Akklimatisationsraten 6 Wochen nach der Überführung in Jiffy-7-Torfquelltöpfe in Abhängigkeit vom Bewurzelungsmedium

Klone	Akklimatisationsrate in %			
	BM 14 ohne IBS	BM 15 1 mg/l IBS	BM 16 2 mg/l IBS	BM 17 3 mg/l IBS
M 1	93	93	88	85
M 21	92	100	85	93
Pi-Bu 2	93	100	100	100
Pi-Bu 3	100	81	100	85
'KS'	32	88	98	86

Nach der 4-monatigen Kultur im Grundbeet wurde auf eine weitere Auswertung der Überlebensrate verzichtet, weil der Gesamtausfall der hier aufgepflanzten Pflänzchen bei nur 2% lag.

Der Sprosszuwachs zeigte zwischen den Klonen deutlich signifikante Unterschiede. Am wüchsigsten waren die beiden Müncheberger Klone und 'KS', insbesondere Klon M 21 mit Zuwächsen von teilweise über 100 cm. Die beiden Pillnitzer Klone waren weniger wüchsig. Dabei erreichte Klon Pi-Bu 3 Wuchshöhen von meist nur 8 bis 10 cm (Abb. 11).



Abb. 11: Sprosszuwachs von Klon M 21 (links) und Pi-Bu 3 nach 4-monatiger Kultur im Grundbeet

Weniger deutlich waren die Unterschiede in Abhängigkeit vom ursprünglich verwendeten Bewurzelungsmedium. Vergleicht man jedoch die hormonfreie Variante mit den Varianten die unter IBS-Einfluss standen, zeigen alle Klone ohne IBS die geringsten Zuwächse. Ein sehr hohes Zuwachsniveau wurde bei der Variante BM 16 (2 mg/l IBS) erreicht und konnte durch eine weitere Erhöhung der IBS-Konzentration nicht weiter gesteigert werden, bzw. nahm bei Baum 1 aus Müncheberg schon wieder ab (Abb. 12).

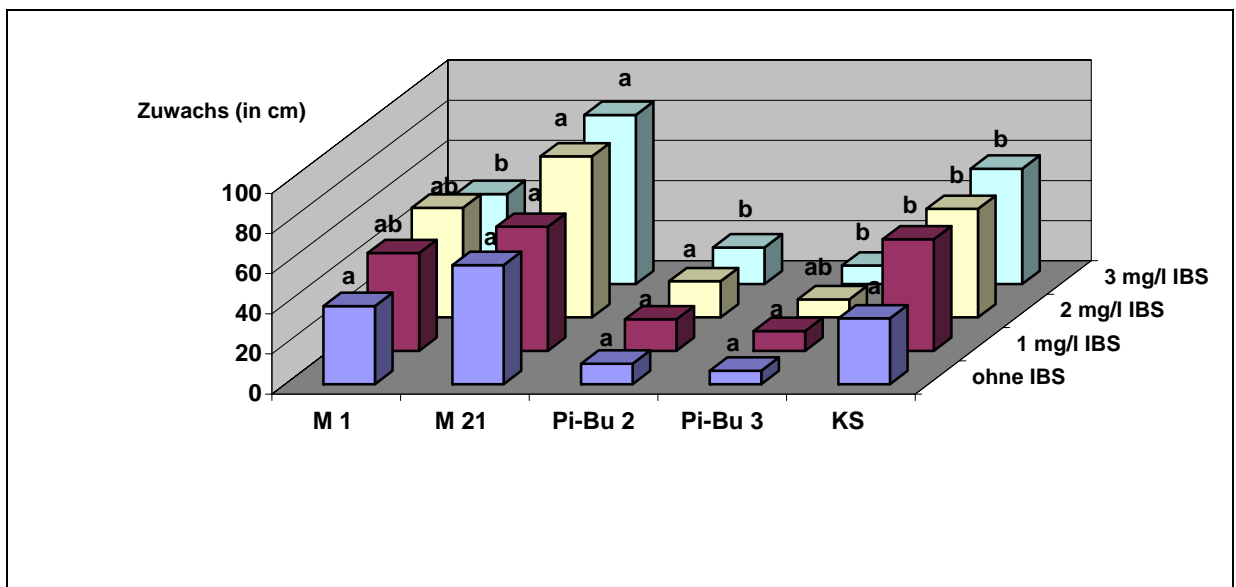


Abb. 12: Durchschnittlicher Sprosszuwachs der Klone nach 4-monatiger Kultur im Grundbeet

4.2 Untersuchungen zur genotypspezifischen Reaktion von *Pyrus*-Klonen auf Salzstress in vitro

Die ersten Blattsschädigungen (Nekrosen) traten bei allen Genotypen nach ca. 2 Wochen in vitro auf. Im Jahr 2001 fielen diese Nekrosen an den Blättern der Klone M 21, Pi-Bu 2 und Pi-Bu 3 bei 50, 100 und 200 mM auf. Bei der Konzentration mit 25 mM wiesen alle Klone über den gesamten Versuchszeitraum im Jahr 2001 keine Blattsschädigungen auf. Nach vier Wochen waren die Sprosse aller Klone bei den Konzentrationen von 100 und 200 mM NaCl abgestorben.

Bei den geringeren Konzentrationen von 25 und 50 mM NaCl vermehrten sich jedoch noch alle Klone. Etwas höhere Vermehrungsraten zeigten hier die beiden Klone aus Dresden-Pillnitz (Abb.13).

Die Sprosslänge aller Klone nahm mit steigender Konzentration von NaCl im Jahr 2001 kontinuierlich ab. Die Sprosslänge von Klon M 21 verringerte sich bei 25 mM NaCl im Vergleich zur Kontrolle um 15 % und bei 50 mM um 65%. Im Gegensatz dazu nahm die Sprosslänge der Dresden-Pillnitzer Klone stärker bei 50 mM NaCl ab. Die Abnahme betrug 90% bei Klon Pi-Bu 2 und 85,2% bei Pi-Bu 3. Bei einer Konzentration von 25 mM zeigte Pi-Bu 2 noch keine Reduzierung der Sprosslänge im Vergleich zur Kontrolle, bei Klon Pi-Bu 3 halbierte sie sich fast auf 44%.

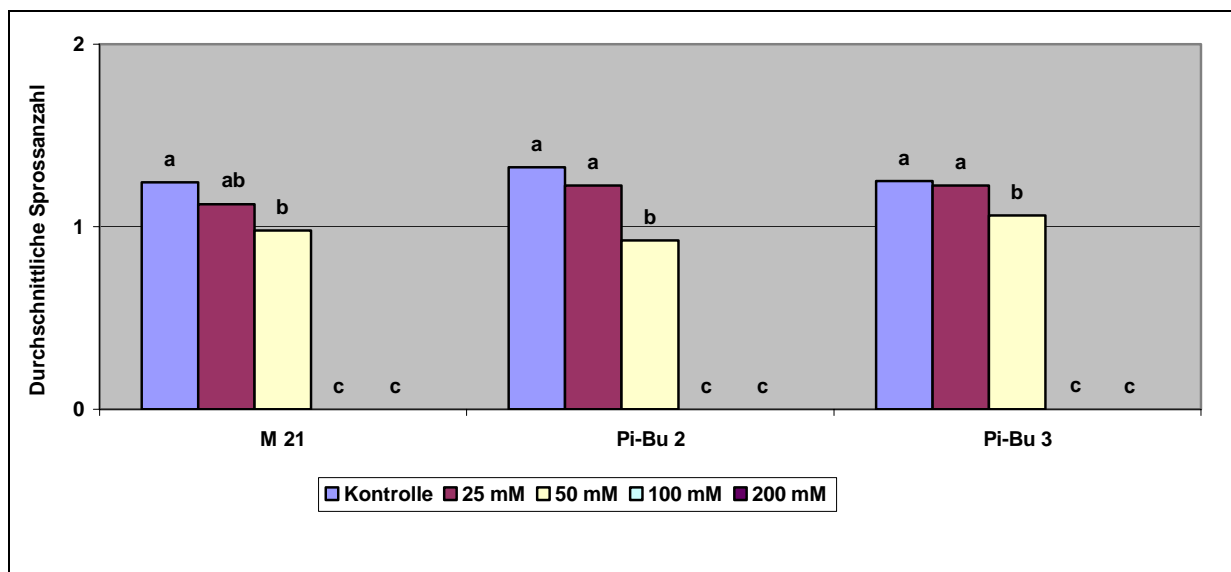


Abb. 13: Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2001 unter dem Einfluss von NaCl

Im Jahr 2002 traten erste Blattsschädigungen (Nekrosen) bei allen Klonen ab 50 mM NaCl wiederum nach ca. 2 Wochen auf. Bei 50 mM NaCl zeigte M 1 aus Müncheberg die wenigsten Nekrosen. Die ersten Klone (M 21 und 'KS') starben bei 100 mM nach 3 Wochen ab. Die Klone aus Dresden-Pillnitz und Klon M 1 vermehrten sich noch bis zu 100 mM, wobei M 1 bei dieser Konzentration noch die höchste Vermehrungsrate aufwies (Abb. 14).

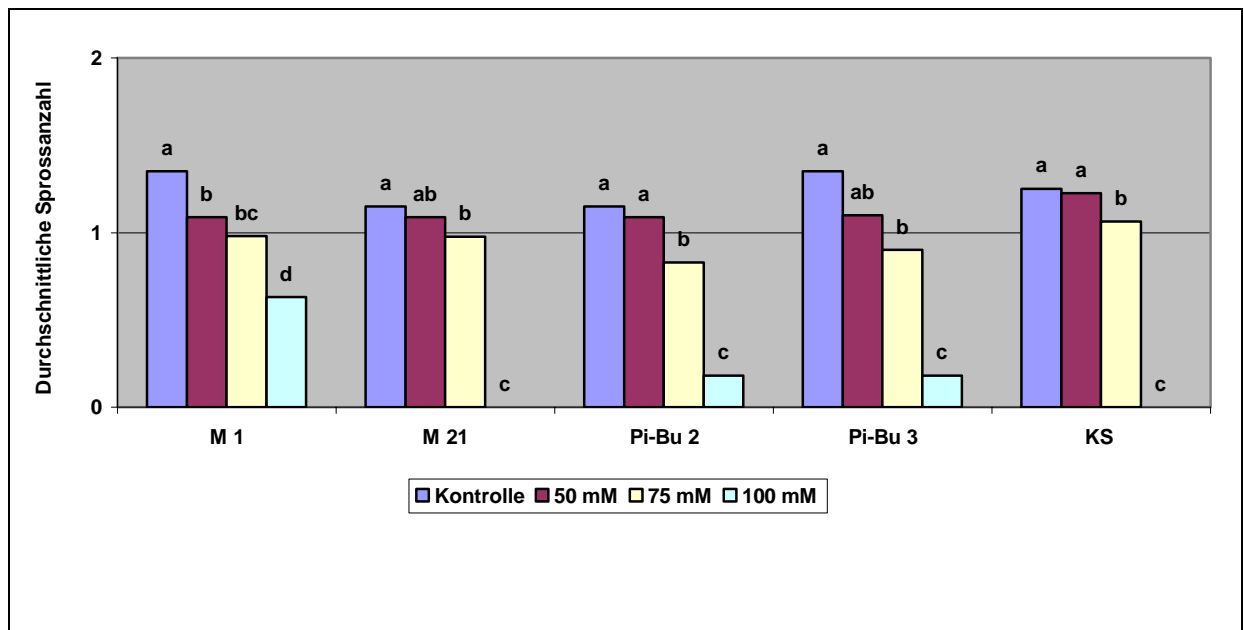


Abb. 14: Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2002 unter dem Einfluss von NaCl

Die Sprosslänge aller Klone nahm mit steigender Konzentration von NaCl im Jahr 2002 wiederum kontinuierlich ab. Die größte prozentuale Abnahme der Sprosslängen gegenüber der Kontrolle zeigten die Klone M 21, Pi-Bu 2 und 'KS'. Im Vergleich zur Messung am Versuchsbeginn verringerte sich die Sprosslänge bei diesen Klonen noch einmal bis zur Hälfte (Abb. 15 und 16).

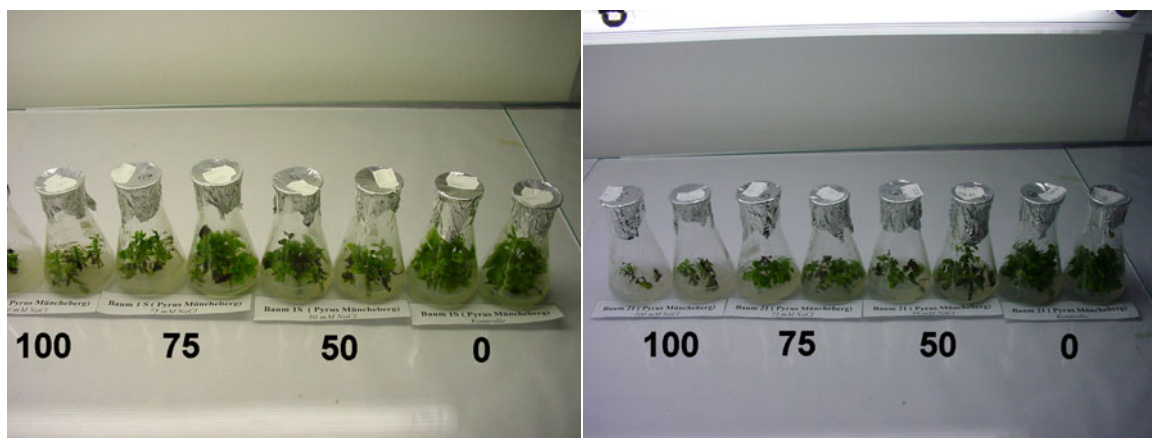


Abb. 15: Vergleich der NaCl-Behandlungsstufen der Klone M 1(links) und M 21(rechts) im Jahr 2002

Im Jahre 2003 wurde der Versuch nur mit zwei Konzentrationen von NaCl durchgeführt. Alle Klone zeigten erste Blattschädigungen (Nekrosen) nach 3 Wochen bei einer Konzentration von 50 mM NaCl. Die Klone aus Müncheberg reagierten im Vergleich zu den anderen Klonen mit weniger Nekrosen bei 50 mM NaCl und zeigten bis zu dieser Konzentration positive Vermehrungsraten.

Diese Klone aus Müncheberg hatten auch die höchste durchschnittliche Sprossanzahl bei 25 mM. Bei 50 mM NaCl wies nur M 1 im Vergleich mit den übrigen Klonen eine deutlich höhere Sprossanzahl auf (Abb. 17).



Abb. 16: Vergleich der NaCl-Behandlungsstufen von 'KS' und Behandlungsstufe 100 mM bei Klon Pi-Bu 3 im Jahr 2002

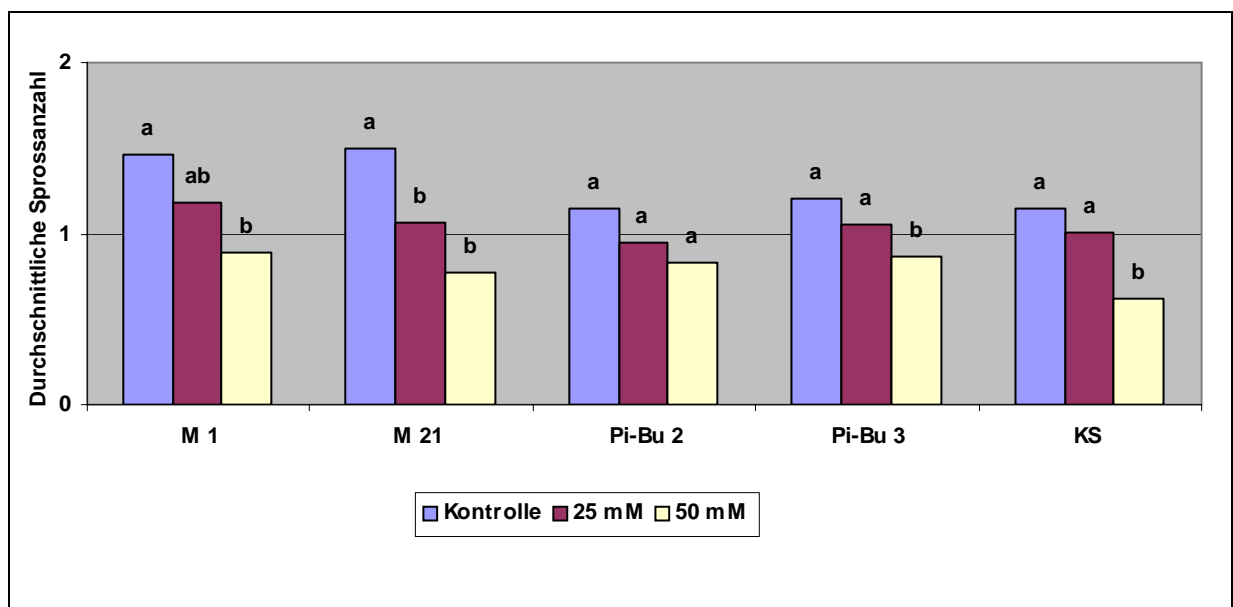


Abb. 17: Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2003 unter dem Einfluss von NaCl

Die Zugabe von NaCl führte wiederum zur Reduzierung der Sprosslängen aller Klone im Jahr 2003. Klon Pi-Bu 2 aus Dresden-Pillnitz zeigte die stärkste prozentuale Abnahme der Sprosslänge bis weit über die Hälfte bei 50 mM im Vergleich mit den anderen Klone. Jedoch reagierte Baum 1 bei dieser Konzentration mit kaum veringert Sprosslänge (3%) im Vergleich zur Kontrolle.

4.3 Untersuchungen zur genotypspezifischen Reaktion von *Pyrus*-Klonen auf Salzstress in vivo

4.3.1 Salzstressprüfung im Gewächshaus

4.3.1.1 Blattschädigungen

Die Reaktion der Klone auf NaCl-Belastung wurde zunächst bei der Blattschädigung verfolgt. Blattsymptome sind in der Regel die erste Reaktion auf Salzstressbehandlungen bei allen Versuchen.

Blattschädigungen 2001

Der Verlauf der Blattschädigung war am deutlichsten ausgeprägt bei Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 aus Dresden-Pillnitz. Diese Blattschädigungen (Nekrosen) traten sowohl an den Blattspitzen wie auch den Blattflächen auf. Bei allen Pflanzen der Klone Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 aus Dresden-Pillnitz wurden diese Blattschädigungen drei Wochen nach Beginn der Belastung mit 400 und 600 mM NaCl deutlich. Im Gegensatz dazu waren nur bei einigen Pflanzen der Klone aus Müncheberg, sowie 'KS' drei Wochen nach Behandlungsbeginn bei 400 und 600 mM NaCl Nekrosen sichtbar.

Nach einmonatiger NaCl-Behandlung traten Nekrosen an den Blättern von Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 aus Dresden-Pillnitz in sämtlichen Belastungsstufen auf. Bei den Klonen aus Müncheberg (M 21, M 17, M 10 links) und der 'KS' gab es diese Blattschädigungen (Nekrosen) nach einmonatiger Behandlung nur bei 400 und 600 mM NaCl. Bei 100 und 200 mM NaCl entwickelten diese Klone keine Blattschäden.

Nach 12-wöchiger Behandlung mit 400 mM NaCl lag der Anteil abgestorbener Blätter von Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 bei 100% und bei 'KS' bei 96%. Dagegen waren bei der gleichen Behandlungsstufe bei M 17 nur 15,2% und bei M 21 nur 36,5 % der Blätter abgestorben (Abb. 18 und 19). In der Abb. 18 wurde auf die Darstellung der Behandlungsstufen 400 und 600 mM NaCl von Klon Pi-Bu 3 verzichtet, da hier zum Versuche diese Pflanzen komplett abgestorben waren.



Abb. 18: Salzstressversuch von Klon M 21 (links) und 'KS' im Gewächshaus 2001



Abb. 19: Salzstressversuch von Klon M 17 (links) und Pi-Bu 3 im Gewächshaus 2001

Die Zugabe von NaCl rief einen signifikant erhöhten Anteil abgestorbener Blätter bei Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 ab 100 mM, bei 'KS' ab 200 mM, bei den Klonen aus Müncheberg ab 400 mM (M 21, M 10 links) bzw. 600 mM (M 17) hervor (Tab. 14 und Abb. 20).

Tab. 14: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2001 (in %)

Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)					
	Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM	
M10 links	0 a	10 a	19,5 ab	45 b	90,8 c	
M 17	0 a	2 a	5,66 a	15,2 a	70,88 b	
M 21	0 a	0 a	16 a	36,5 b	80 c	
Pi-Bu 3	0 a	27,9 b	96,35 c	100 c	100 c	
Pi-Bu 4	0 a	46 b	98 c	100 c	100 c	
KS	0 a	6 a	59 b	96 c	100 c	

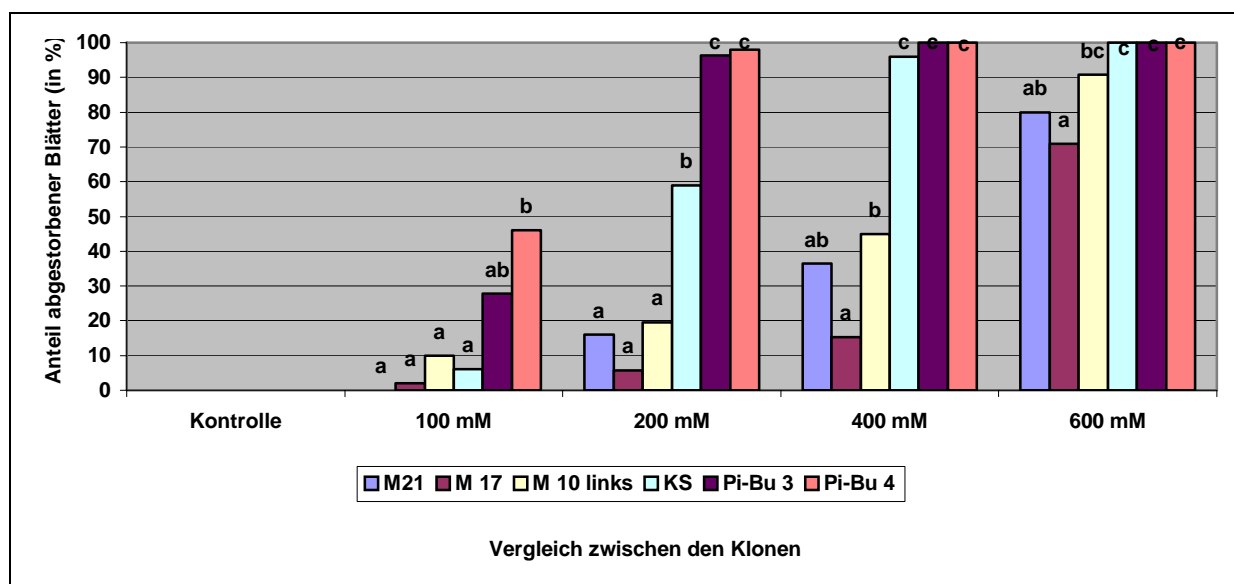


Abb. 20: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2001 (in %)

Blattschädigungen 2002

Die Pflanzen von allen Klonen hatten 2002 bis zur 5. Woche keine Nekrosen bei 100 mM NaCl. In der 7. Woche der Behandlung traten erste Nekrosen bei einer Belastung von 100 mM NaCl bei Pi-Bu 2, Pi-Bu 4 und Pi-Bu 6 auf. Ab der 9. Wochen wurden bei der Behandlung mit 100 mM NaCl bei 'KS', M 10 und M 21 vereinzelte Nekrosen an den Blatträndern sichtbar.

Bei der Konzentration von 200 mM NaCl zeigten sich die Nekrosen nach 3 Wochen zuerst bei 'KS' und ab der 5. Woche bei den übrigen Klonen.

Die nur den hohen Konzentrationen (300 und 400 mM NaCl) ausgesetzten Klone 'KS' und M 21 wiesen hier nach 3 Wochen die ersten Nekrosen auf.

Nach 10-wöchiger Behandlung mit 300 und 400 mM NaCl waren bei den untersuchten Klonen alle Blätter abgestorben. Insbesondere bei Klon M 21 ist im Vergleich zum Versuchsjahr 2001 (nur 36,5% abgestorbene Blätter) ein deutlicher Unterschied bei 400 mM erkennbar. Bei der Behandlung mit 200 mM NaCl wird eine deutliche Gruppierung der Klone erkennbar. Bei Pi-Bu 6 und 'KS' waren hier fast alle Blätter am Versuchsende abgestorben, jedoch bei M 10 und M 21 lag der Anteil abgestorbener Blätter nur bei ca. 50% (Tab.15).

Tab. 15: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2002 (in %)

Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)									
	Kontrolle		100 mM		200 mM		300 mM		400 mM	
M 10	0	a	25,5	b	53,3	c				
M 21	0	a	13,54	a	50,34	b	98,66	c	100	c
Pi-Bu 2	0	a	28,4	a						
Pi-Bu 4	0	a	80,8	b						
Pi-Bu 6	0	a	64,34	b	98,66	c				
‘KS’	0	a	26,14	b	95,33	c	100	c	100	c

Bei der Behandlungstufe 100 mM NaCl zeigt Klon M 21 mit nur 13,54% abgestorbener Blätter die höchste Toleranz. Dagegen waren bei der gleichen Behandlungsstufe von den Klonen Pi-Bu 2, M 10 und 'KS' ca. 25%, sowie bei Pi-Bu 4 (80,8%) und Pi-Bu 6 (64,34%) weit über die Hälfte der Blätter abgestorben (Abb. 21).

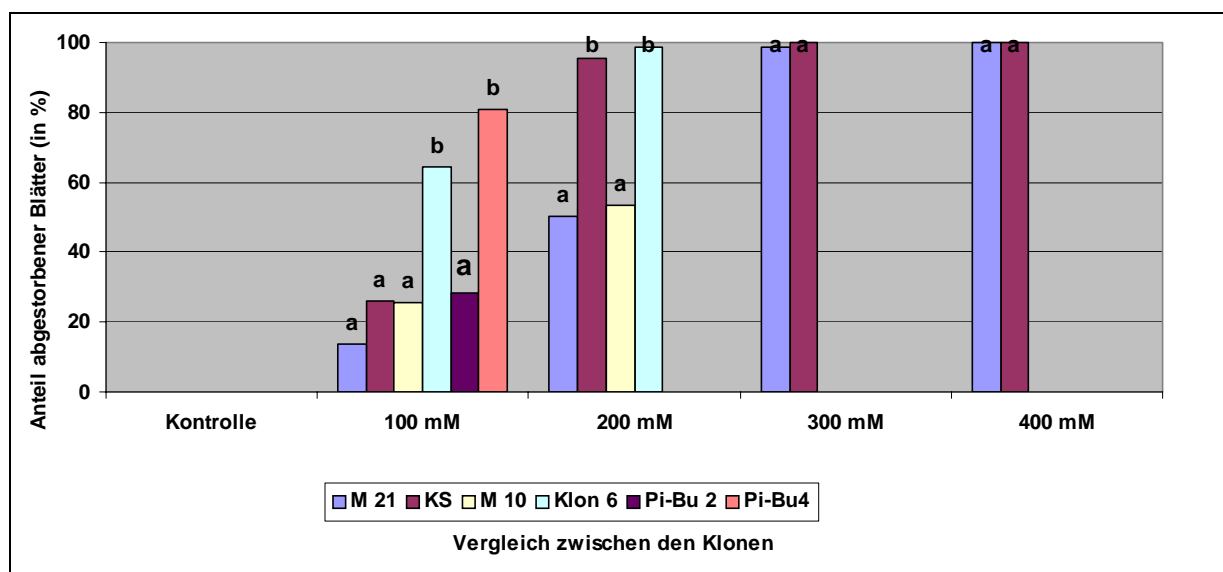


Abb. 21: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2002 (in %)

Blattschädigungen 2003

Erste Blattschädigungen (Nekrosen) traten bei allen Klonen 2003 nach dreiwöchiger Behandlung mit einer Konzentration von 200 und 300 mM auf. Bei der Behandlung mit 100 mM NaCl zeigten 'KS' (in vitro vermehrt) und Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt) erste Nekrosen nach 6 Wochen. Erst am Versuchsende reagierte M 21 (Sämlinge) mit vereinzelt Nekrosen, wogegen Klon M 1 (in vitro vermehrt) ohne Symptome blieb.

Bei allen Klonen führte die NaCl-Zugabe, wie schon in den Versuchsjahren davor, zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils abgestorbener Blätter.

Nach 10-wöchiger Behandlung mit 300 mM NaCl waren bei den untersuchten Klonen, mit Ausnahme von M 1 (60%), fast alle Blätter abgestorben. Bei der Behandlung mit 200 mM NaCl zeigt sich wie schon 2002 eine deutliche Gruppierung der Klone. Bei Pi-Bu 2 waren hier fast alle Blätter am Versuchsende abgestorben (93,3%), bei 'KS' und M 21 lag der Anteil abgestorbener Blätter nur bei ca. 50%, bei M 1 nur bei 30,1% (Tab.16).

Tab. 16: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchende im Gewächshaus 2003 (in %)

Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)			
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
M 1 (in vitro vermehrt)	0 a	6,13 ab	30,1 c	60 d
M 21 (Sämlinge)	0 a	15,93 ab	55 c	86 d
Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0 a	27,70 b	93,3 cd	97,3 d
KS (in vitro vermehrt)	0 a	15 ab	51,9 c	95,3 d

Bei der Behandlungstufe 100 mM NaCl weist Klon M 1 mit nur 6,13% abgestorbener Blätter die höchste Toleranz auf. Dagegen waren bei der gleichen Behandlungsstufe von den Klonen M 21 und 'KS' ca. 15%, sowie 27,7% der Blätter von Pi-Bu 2 abgestorben. Bei allen NaCl- Konzentrationen ist M 1 am tolerantesten in Bezug auf den Anteil abgestorbener Blätter und Pi-Bu 2 am wenigsten tolerant (Abb. 22).

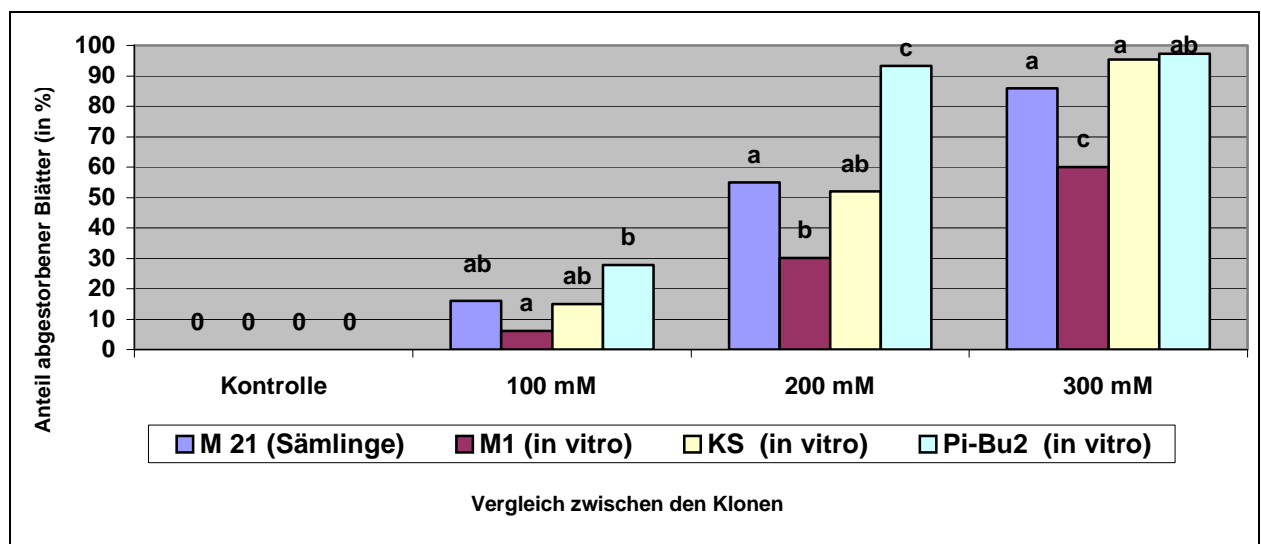


Abb. 22: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchende im Gewächshaus 2003 (in %)

Vergleich der Blattschädigungen zwischen den Versuchsjahren

Im Vergleich der Versuchsjahre zeigen die Klone M 21 und 'KS' 2001 in allen Konzentrationen den geringsten Anteil abgestorbener Blätter (Tab 17). Der Unterschied lässt sich auf einen sehr späten Versuchsbeginn August 2001, verbunden mit einer allgemein physiologisch bedingten Abnahme des Wurzelwachstums zu diesem Zeitpunkt begründen. Daneben lagen für den Versuchszeitraum 2001, bedingt durch den späten Versuchsbeginn im August, durchschnittlich geringere Maximumtemperaturen (17,3°C) und eine erhöhte Luftfeuchtigkeit im Vergleich zu 2002 und 2003 vor.

Tab. 17: Anteil abgestorbener Blätter bei M 21 und 'KS' im Vergleich der Versuchsjahre

Klone	Jahre	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)					
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM	600 mM
M 21	2001	0 a	0 a	10 a		36,5 b	80 c
	2002	0 a	13,5 a	50,3 b	98,7 c	100 c	
	2003	0 a	15,9 a	55 b	86 c		
'KS'	2001	0 a	6 a	59 b		96 c	100 c
	2002	0 a	26,1 b	95,3 c	100 c	100 c	
	2003	0 a	15 ab	51,9 c	95,3 d		

Zwischen den Jahren 2002 und 2003 waren die Unterschiede in den Versuchsbedingungen sehr gering. Im Versuchszeitraum 2002 lag der Durchschnitt des Temperaturmaximums mit 24,2°C unter dem Wert des Vergleichszeitraumes 2003 mit 27,1°C. Im Vergleich der Jahre 2002 und 2003 gab es bei den Belastungsstufen bei Klon M 21 keine signifikanten Unterschiede. Im Gegensatz dazu zeigte 'KS' im Jahr 2003 einen geringeren Anteil abgestorbener Blätter als 2002. Dieser Unterschied könnte auf die Verwendung unterschiedlichen Versuchsmaterials zurückzuführen sein. 2002 wurden Sämlinge und 2003 in vitro vermehrte Pflanzen verwendet.

4.3.1.2 Triebzuwachs

Triebzuwachs 2001

Es besteht bei allen Klonen ein signifikanter Unterschied mit deutlich abnehmendem Zuwachs zwischen der Kontrolle im Vergleich zur steigenden NaCl-Konzentration. Die geringste Abnahme des Triebzuwachses zeigte Klon M 10 links bei allen Konzentrationen. Der Klon Pi-Bu 3 hatte dagegen die stärkste Zuwachsabnahme im Vergleich zu den anderen Klonen, wobei schon bei der Behandlung mit 100 mM NaCl sich der Zuwachs gegenüber der Kontrolle um fast 60% reduzierte (Tab. 18).

Tab. 18: Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2001

		NaCl-Behandlung			
	Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Klone	Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)			
M 10 links	24,48	7,8	7,3	45,3	43,4
M 17	34,88	48,0	39,0	54,0	60,0
M 21	29,34	25,4	40,2	46,0	47,0
Pi-Bu 3	11,25	59,3	72,0	75,5	81,0
Pi-Bu 4	39,06	41,4	52,1	54,0	61,0
'KS'	31,12	32,3	43,8	48,6	50,0

Triebzuwachs 2002

Die Zugabe von NaCl führte auch im Versuch 2002 zu einer Abnahme des Triebzuwachses aller Klone. Die geringste Zuwachsabnahme bei 100 mM NaCl zeigten M 21 und 'KS' mit nur ca. 15%. Eine über doppelt so hohe Zuwachsabnahme (30,3 bis 41%) zeigten die übrigen untersuchten Klone. Der Klon Pi-Bu 6 zeigt den stärksten abnehmenden Zuwachs im Vergleich zu den anderen Klonen, wobei bei einer Konzentration von 200 mM die Zuwachsreduzierung schon 64,4% beträgt (Tab. 19).

Tab. 19: Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2002

		NaCl-Behandlung			
		Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM
Klone	Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)			
M 10	10,24	30,3	26,5		
M 21	15,3	14,7	34,6	43,4	46,0
Pi-Bu 2	15,92	30,5			
Pi-Bu 4	17	37,3			
Pi-Bu 6	23,66	41,0	64,4		
'KS'	8,26	15,5	35,6	34,6	60,0

Bei den untersuchten Varianten fällt Pi-Bu 6 mit dem höchsten absoluten Zuwachs und 'KS' mit dem deutlich geringsten absoluten Zuwachs auf (Abb. 23).

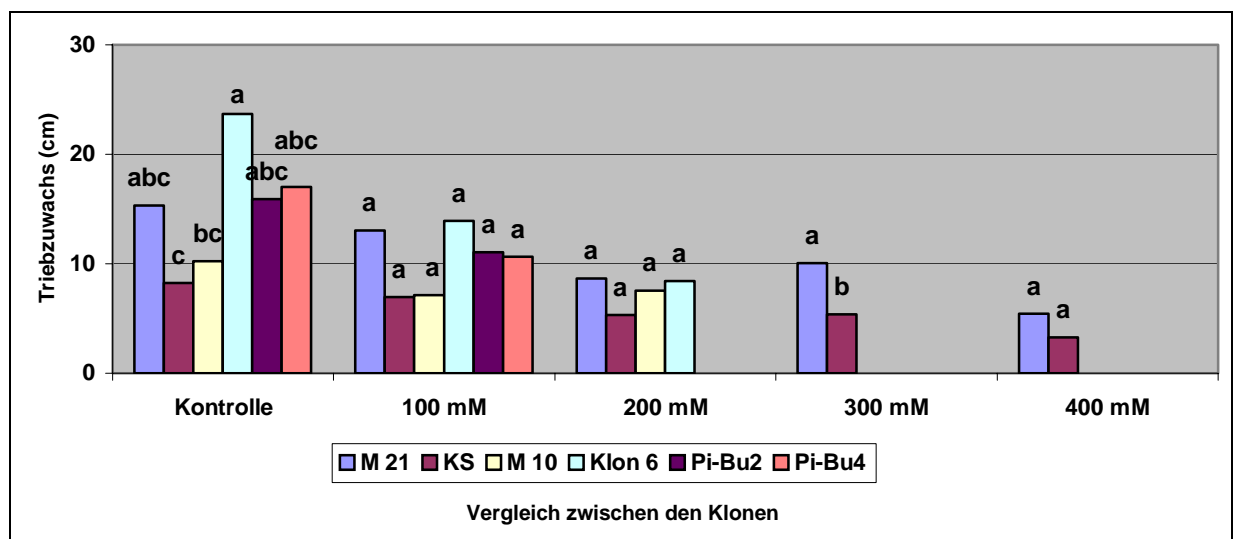


Abb. 23: Triebzuwachs im Gewächshaus 2002

Triebzuwachs 2003

Der Triebzuwachs nahm bei allen Klonen im Gewächshaus mit erhöhter NaCl-Belastung auch 2003 ab. Die NaCl-Belastung hatte am Versuchsende keinen signifikanten Einfluss auf den Triebzuwachs bei allen Klonen. Sehr unterschiedlich ist die Reaktion von M 1 (in vitro vermehrt) und M 21 (Sämlinge). Bei einer Belastung von 100 mM NaCl zeigt M 21 die geringste und M 1 die höchste Abnahme des

Triebzuwachses. Bei einer Zugabe von 200 und 300 mM ist dagegen bei M 1 die geringste und bei M 21 die höchste Abnahme des Triebzuwachses zu beobachten (Tab. 20).

Tab. 20: Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2003

		NaCl-Behandlung		
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
Klone	Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)		
M 1 (in vitro vermehrt)	6,93	36,5	31,7	45,1
M 21 (Sämlinge)	10,13	19,0	63,0	66,1
Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	13,2	31,3	38,4	46,4
'KS' (in vitro vermehrt)	4,87	30,2	53,4	66,0

Bei allen Varianten verfügt Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt) über den höchsten absoluten Zuwachs und wie schon im Jahr 2002 'KS' (in vitro vermehrt) über den geringsten absoluten Zuwachs. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Pi-Bu 2 und 'KS' bei allen NaCl-Konzentrationen (Abb. 24).

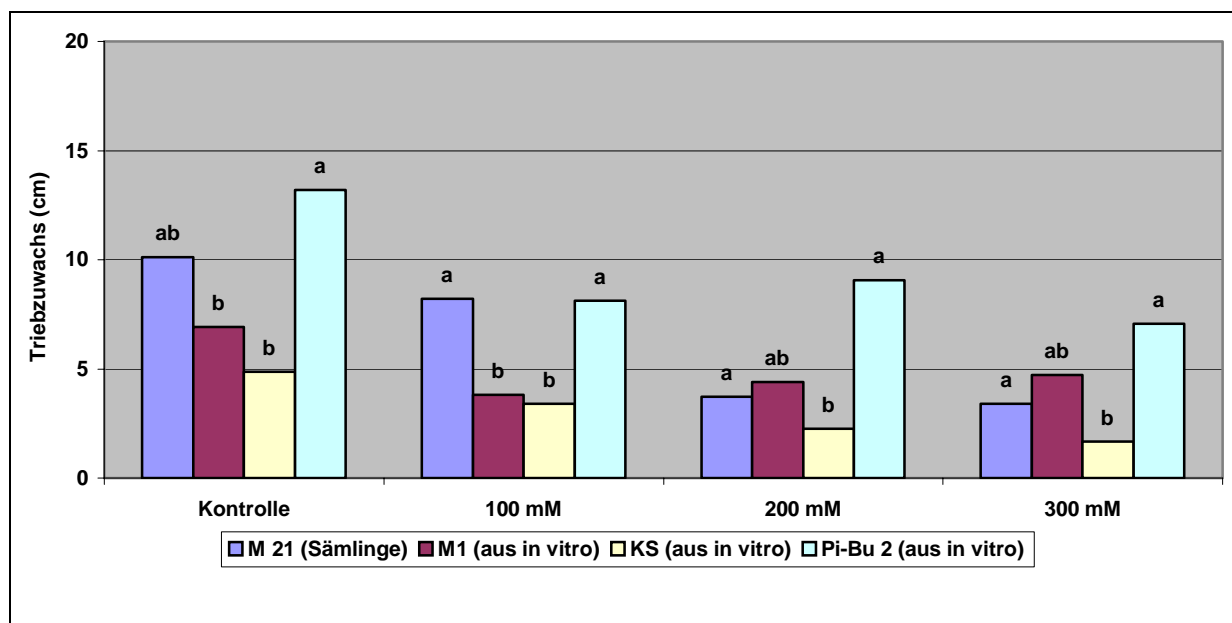


Abb. 24: Triebzuwachs im Gewächshaus 2003

Vergleich des Triebzuwachses zwischen den Versuchsjahren

Im Vergleich der Versuchsjahre zeigen die Klone M 21 und 'KS' 2001 bei allen Varianten die höchsten absoluten Triebzuwächse und 2003 die absoluten geringsten Triebzuwächse. Die Triebzuwächse beider Klone weisen 2001 bei allen NaCl-Konzentrationen keine signifikanten Unterschiede in den jeweiligen Triebzuwächsen auf. Im Gegensatz dazu waren die Triebzuwächse von M 21 in den Versuchen 2002 und 2003 bei jeder Variante deutlich höher als von 'KS' (Abb. 25 und Abb. 26).

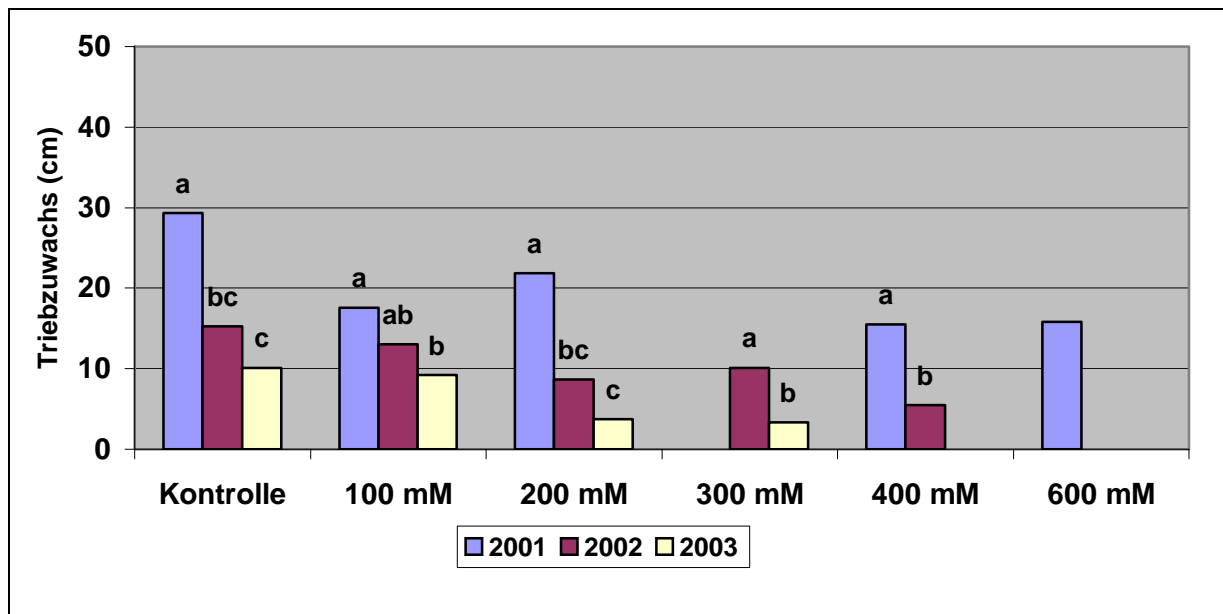


Abb. 25: Triebzuwachs von M 21 im Vergleich der Versuchsjahre im Gewächshaus

Die Pflanzen der in vitro vermehrten 'KS' fallen bei allen Versuchsvarianten 2003 wegen der geringsten Triebzuwächse auf (Abb. 26).

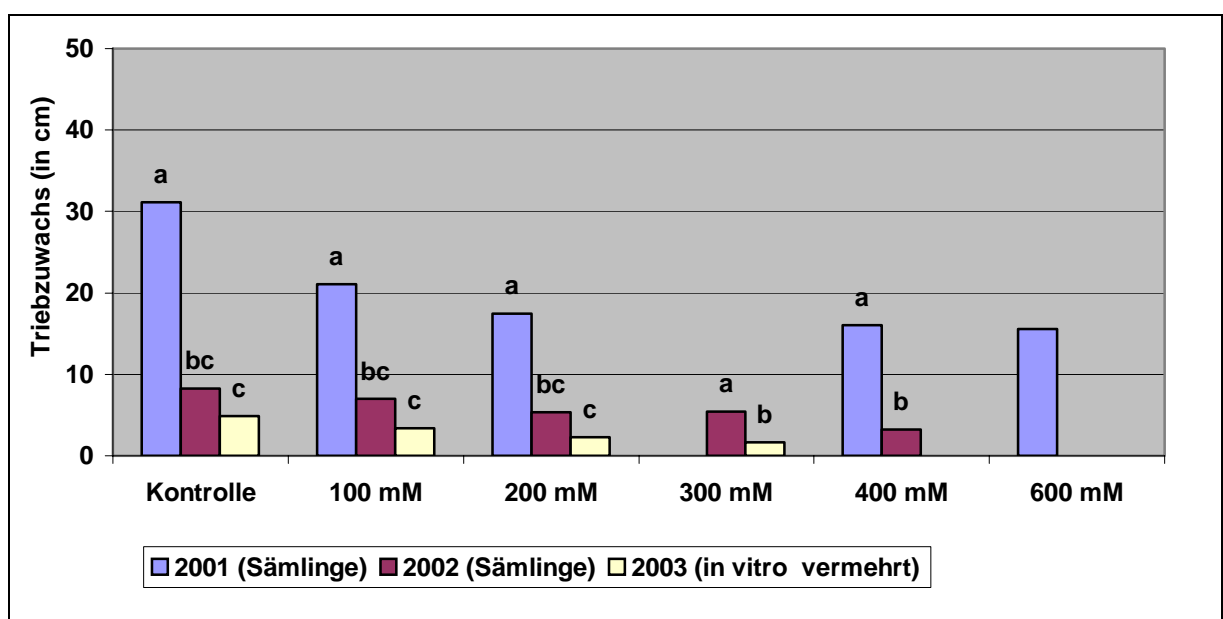


Abb. 26: Triebzuwachs von 'KS' im Vergleich der Versuchsjahre im Gewächshaus

4.3.1.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen

Natriumgehalt 2001

Die Klone akkumulieren bei allen NaCl-Konzentrationen mehr Natrium in den Blättern als in den anderen untersuchten Pflanzenteilen. Eine Ausnahme bildet die Wurzel, die bei der geringsten Konzentration von 100mM NaCl und bei der höchsten Konzentration NaCl größtenteils höhere Natriumgehalte akkumuliert als die Blätter. In den Sprossen akkumulierten alle Klone im Vergleich zu den anderen Pflanzenteilen am wenigsten Natrium in der Trockensubstanz. Die Natriumkonzentration in den Pflanzenteilen stieg bei allen Klonen mit zunehmender NaCl-Belastung proportional an (Tab.21).

Tab. 21: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2001

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (mM)				
		Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Blätter	M 21	0,01	0,16	0,51	1,39	2,28
	M 17	0,04	0,03	0,66	1,44	2,43
	M 10 links	0,02	0,23	0,71	1,74	2,38
	'KS'	0,01	0,41	0,94	2,24	2,24
	Pi-Bu 3	0,02	0,44	1,24	1,84	2,13
	Pi-Bu 4	0,04	0,89	1,39	1,99	1,78
Wurzel	M 21	0,04	0,18	0,43	1,42	2,37
	M 17	0,05	0,24	0,55	1,72	2,82
	M 10 links	0,07	0,22	0,60	1,53	2,42
	'KS'	0,04	0,38	0,65	1,78	1,17
	Pi-Bu 3	0,12	0,83	1,50	2,22	2,57
	Pi-Bu 4	0,09	0,95	1,16	1,67	2,52
Spross	M 21	0,02	0,06	0,21	0,85	1,47
	M 17	0,01	0,07	0,20	0,70	1,57
	M 10 links	0,02	0,10	0,24	1,22	1,62
	'KS'	0,02	0,13	0,26	1,05	1,47
	Pi-Bu 3	0,07	0,19	0,45	0,95	1,62
	Pi-Bu 4	0,03	0,17	0,33	0,85	1,13
Sprossspitzen	M 21	0,03	0,06	0,21	1,16	1,71
	M 17	0,04	0,05	0,20	0,81	1,91
	M 10 links	0,03	0,10	0,28	1,46	2,11
	'KS'	0,04	0,15	0,37	1,51	1,51
	Pi-Bu 3	0,06	0,25	0,42	1,26	1,71
	Pi-Bu 4	0,04	0,14	0,36	0,86	1,21
Wurzelhals	M 21	0,03	0,11	0,41	0,81	1,81
	M 17	0,03	0,15	0,23	1,26	1,61
	M 10 links	0,02	0,23	0,44	1,16	1,66
	'KS'	0,02	0,23	0,34	0,94	1,56
	Pi-Bu 3	0,08	0,34	0,64	0,89	1,66
	Pi-Bu 4	0,02	0,31	0,64	0,96	1,31

Die Klone aus Müncheberg (M 10 links, M 17 und M 21) akkumulierten bei den geringen Konzentrationen von 100 und 200 mM weniger Na⁺ in allen untersuchten Pflanzenteilen als die Klone aus Dresden-Pillnitz (Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4) und die 'KS'. Bei den höheren Konzentrationen von 400 und 600mM NaCl ist dagegen ein höherer Anstieg des Natriumgehaltes bei den Müncheberger Klonen (M 10 links, M 17 und M 21) gegenüber den Klonen aus Dresden-Pillnitz (Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4) und der 'KS' zu verzeichnen. Der höhere Anstieg bei den Müncheberger Klonen bei diesen Konzentrationen lässt sich damit begründen, dass diese Pflanzen bis zum Versuchsende Natrium akkumulieren konnten, wogegen die Klone aus Dresden-Pillnitz und die 'KS' nach ca. 7 – 8 Wochen abgestorben waren.

Im Vergleich der Natriumgehalte der Blätter existieren zwischen den Klonen große Unterschiede. Bei 100 mM konnte bei Klon M 10 links (0,03%) noch kein Anstieg des Natriums in der Trockensubstanz festgestellt werden, wogegen Klon Pi-Bu 4 schon 0,89% Natrium akkumulierte. Bei 200 mM NaCl akkumulierten die Müncheberger Klone nur etwa die Hälfte Natrium in den Blättern gegenüber den Klonen aus Dresden-Pillnitz (Abb. 27).

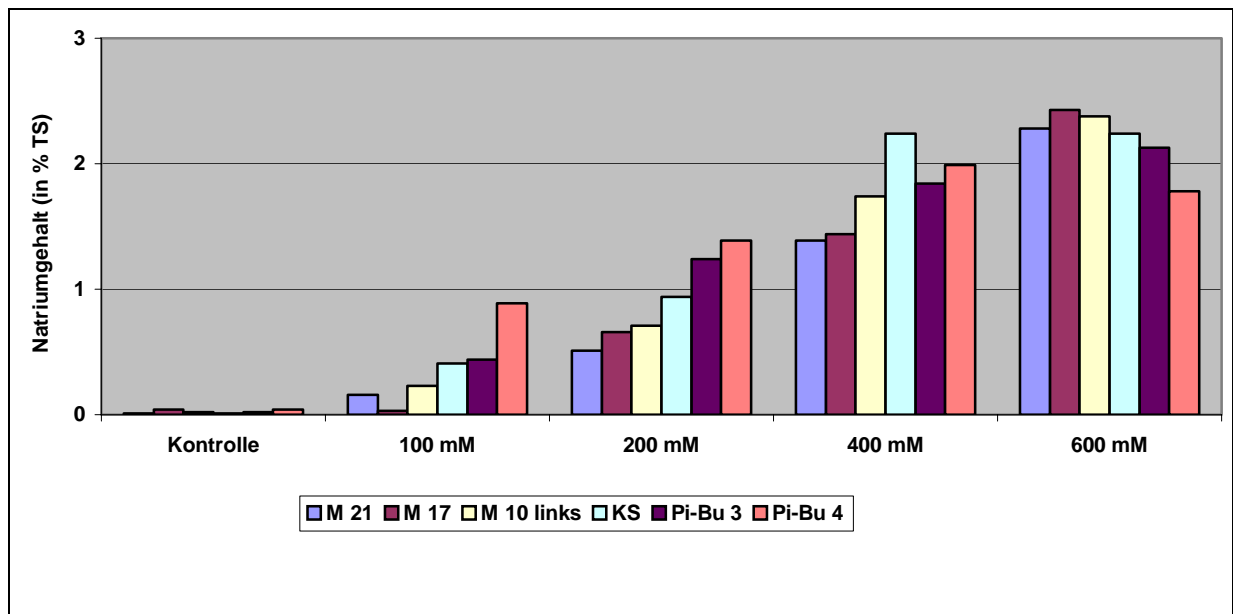


Abb. 27: Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2001

Auch in der Wurzel zeigten bei 100 mM NaCl die Klone aus Dresden-Pillnitz die größte Natriumakkumulation (0,83% und 0,95) gegenüber den Klonen aus Müncheberg mit durchschnittlich nur 0,2% Na⁺ in der Trockensubstanz. Bei 200 mM NaCl setzte sich diese Tendenz fort. Bei den höheren Konzentrationen von 400 und 600 mM NaCl existierten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen diesen Klonen. Bemerkenswert ist bei 600 mM NaCl der ca. nur halb so hohe Gehalt an Na⁺ in der Trockensubstanz von 'KS' gegenüber den anderen Klonen (Abb. 28).

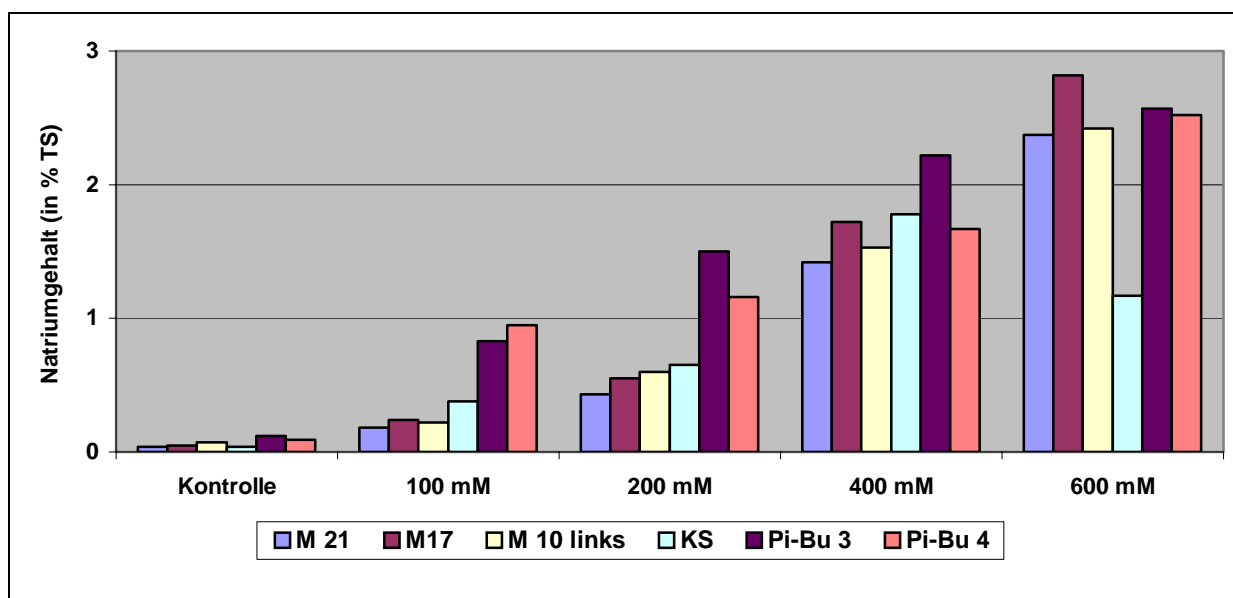


Abb. 28: Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2001

Weniger deutlich sind die Unterschiede zwischen den Klonen im Natriumgehalt in den Sprossen. Jedoch ist auch bei den geringen Konzentrationen von 100 und 200 mM NaCl die Natriumakkumulation der Klone aus Dresden-Pillnitz ca. doppelt so hoch wie die Akkumulation der Müncheberger Klone (Abb. 29).

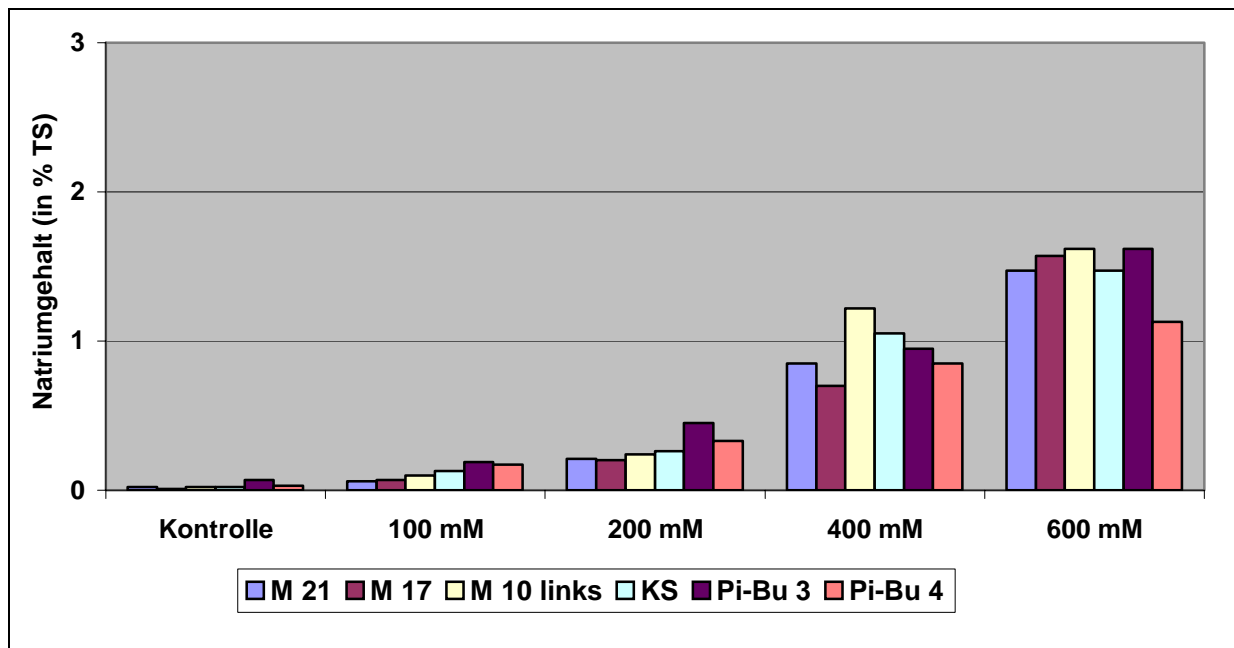


Abb. 29: Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2001

Natriumgehalt 2002

Im Versuchsjahr 2002 akkumulierten die Klone bei einer geringen Belastung von 100 mM meist mehr Natrium in allen Pflanzenteilen im Vergleich zu 2001 (Tab. 22).

Tab. 22: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2002

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
Blätter	M 21	0,03 a	0,87 b	0,92 bc	1,76 de	1,66 e
	'KS'	0,01 a	1,07 b	1,6 cde	1,38 de	1,51 e
	M 10	0,13 a	0,763 a	1,45 b		
	Pi-Bu 2	0,04 a	0,74 b			
	Pi-Bu 4	0,07 a	0,93 b			
Wurzel	M 21	0,08 a	0,753 b	0,77 bc	1,42 cde	1,763 e
	'KS'	0,067 a	0,413 ab	0,83 bcd	1,22 de	1,39 e
	M 10	0,14 a	0,697 b	0,71 b		
	Pi-Bu 2	0,143 a	0,573 b			
	Pi-Bu 4	0,15 a	0,69 b			
Spross	M 21	0 a	0,663 b	1,22 bc	1,973 de	2,19 e
	'KS'	0,04 a	0,177 ab	0,373 bc	0,577 cd	0,983 e
	M 10	0,05 a	0,21 b	0,52 c		
	Pi-Bu 2	0,02 a	0,25 a			
	Pi-Bu 4	0,067 a	0,45 b			
Sprossspitzen	M 21	0,017 a	0,15 ab	0,427 bc	1,157 de	1,167 e
	'KS'	0,057 a	0,493 b	0,74 bc	1,05 d	1,38 e
	M 10	0,087 a	0,64 b	0,49 ab		
	Pi-Bu 2	0,023 a	0,43 b			
	Pi-Bu 4	0,07 a	0,73 b			
Wurzelhals	M 21	0,057 a	0,323 ab	0,55 bc	1,82 de	1,663 e
	'KS'	0,043 a	0,423 b	0,66 bc	1,28 de	1,59 e
	M 10	0,017 a	0,16 a	0,46 b		
	Pi-Bu 2	0,12 a	0,497 a			

Die Natriumgehalte in der Trockensubstanz stiegen von der Behandlungsstufe 100 mM zur Behandlungsstufe 200 mM nur geringfügig an. Bei der Behandlung mit 300 mM NaCl war jedoch in allen Pflanzenteilen ein deutlicher Anstieg der Natriumkonzentration zu beobachten. Zwischen den Behandlungen mit 300 und 400 mM NaCl war der Anstieg wiederum sehr gering. Eine deutlich höhere Natriumakkumulation in den Blättern und eine deutlich geringere in den Sprossen, wie im Versuch 2001, konnte nicht beobachtet werden (Tab. 22). Im Gegensatz zum Versuchsjahr 2001 war bei keinem Klon eine durchgängige Tendenz einer hohen oder geringen Na⁺-Akkumulation in allen untersuchten Pflanzenteilen zu beobachten.

Im Vergleich der Natriumgehalte in den Blättern existieren bei 100 mM zwischen den Klonen nur geringe Unterschiede. Es wurden in dieser Behandlungsstufe im Vergleich zu 2001 deutlich höhere Werte von 0,74 bis 1,07% Na⁺ in der Trockensubstanz gemessen. Bei 100 und 200 mM akkumulierten die Blätter 'KS' mehr Natrium als M 21. Demgegenüber ist die Natriumakkumulation bei 300 und 400 mM in den Blättern von Klon M 21 höher als von 'KS'. Die niedrigeren Gehalte von 'KS' werden auf ein schnelleres Absterben dieser Blätter zurückgeführt (Abb. 30).

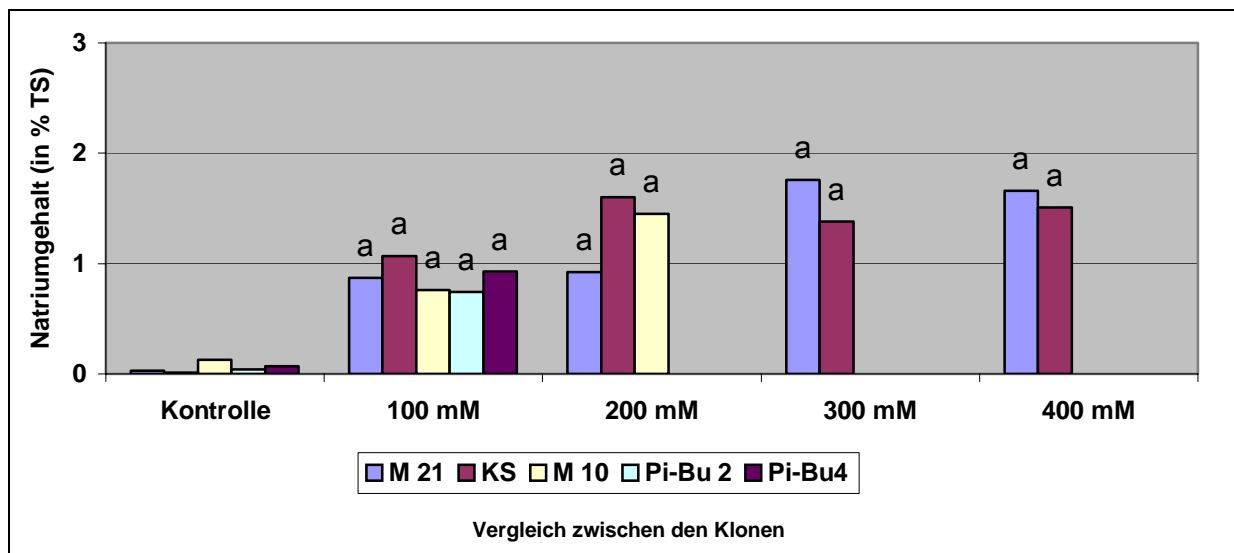


Abb. 30: Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2002

In den niedrigen Behandlungsstufen 100 und 200 mM gibt es im Natriumgehalt in den Wurzeln zwischen den Klonen keine Unterschiede. Die einzige Ausnahme bildet 'KS' bei 100 mM mit nur ca. einer halb so hohen Konzentration gegenüber M 21. Wie schon in den Blättern akkumulieren die Wurzeln bei 300 und 400 mM NaCl von Klon M 21 höhere Natriumgehalte in der Trockensubstanz als 'KS' (Abb. 31).

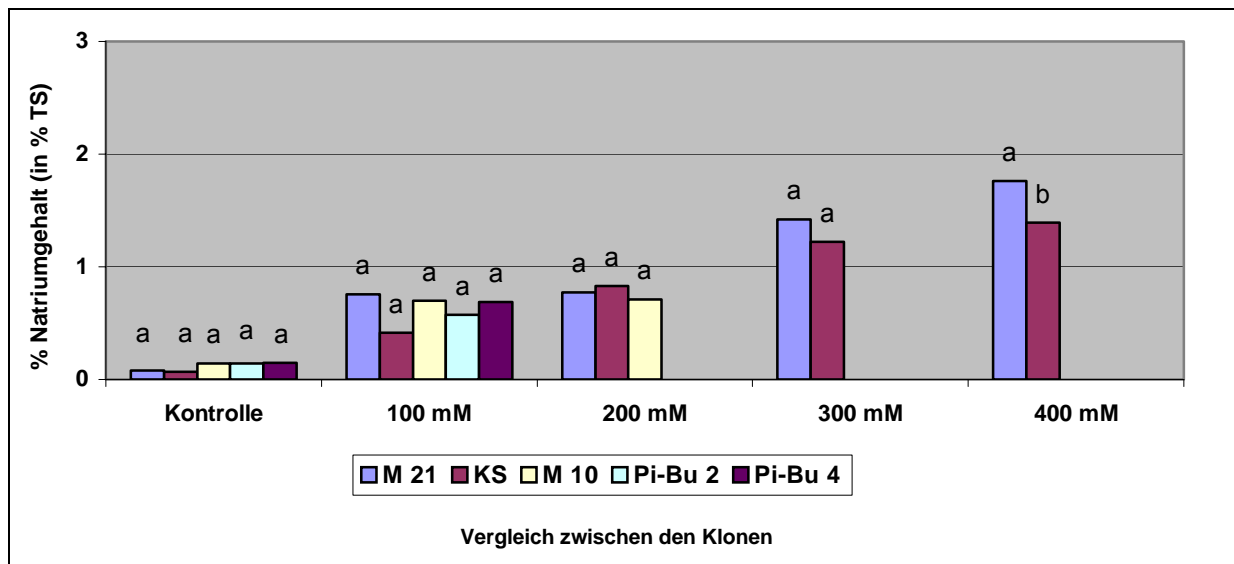


Abb. 31: Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2002

Im Vergleich der Pflanzenteile zeigen die Sprosse die größten Unterschiede in der Natriumakkumulation zwischen den Klonen. In allen Konzentrationen akkumuliert 'KS' die deutlich geringsten Natriummengen in der Trockensubstanz der Sprosse. Im Vergleich zu 2001 ist die Natriumakkumulation in den Sprossen von Klon M 21 um ein Vielfaches höher (Abb. 32).

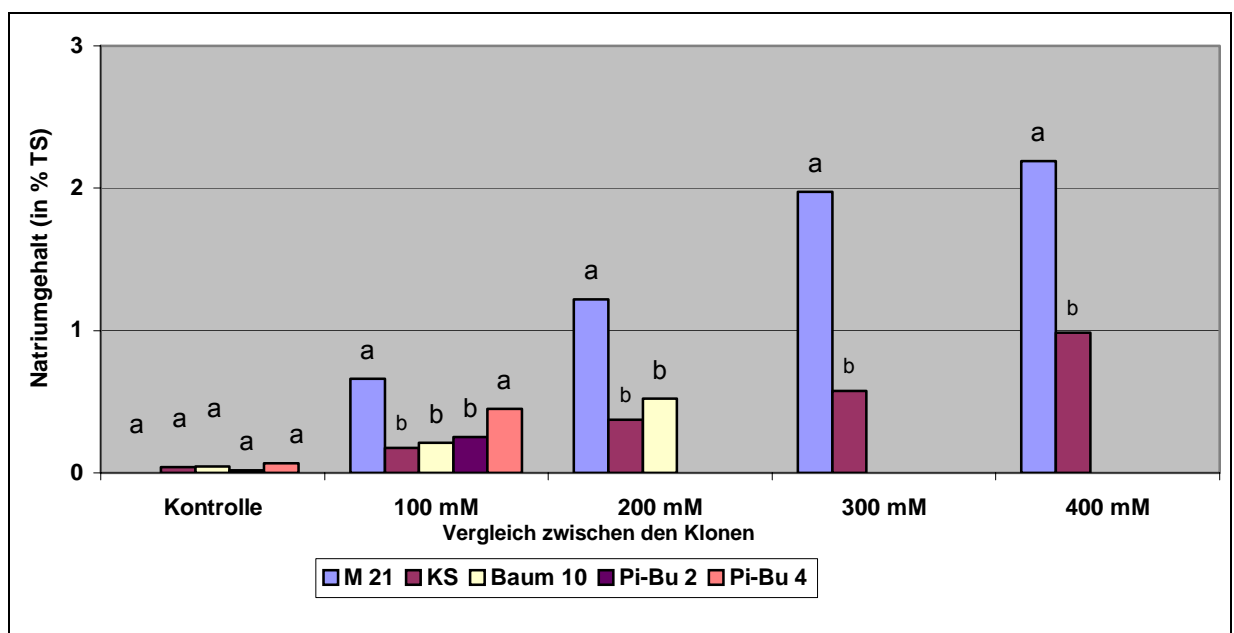


Abb. 32: Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2002

Natriumgehalt 2003

Das Versuchsjahr 2003 zeigt große Ähnlichkeiten zum Gewächshausversuch 2001. Die höchste Natriumakkumulation wurde in den Blättern beobachtet. Die Natriumkonzentration in den Pflanzenteilen stieg bei allen Klonen mit zunehmender NaCl-Belastung proportional an. In allen Konzentrationen akkumulierte der Klon Pi-Bu 2 die höchsten Natriumgehalte in der Trockensubstanz aller Pflanzenteile (Tab. 23).

Tab. 23: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2003

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)			
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
Blätter	M 21 (Sämlinge)	0,027 a	0,623 b	0,97 cd	1,02 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,02 a	0,54 b	0,943 cd	1,187 d
	M 1 (in vitro vermehrt)	0,05 a	0,373 b	0,763 c	1,05 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,073 a	0,73 b	1,35 cd	1,61 d
Wurzel	M 21 (Sämlinge)	0,04 a	0,243 b	0,393 cd	0,493 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,02 a	0,24 b	0,32 c	0,43 d
	M 1 (in vitro vermehrt)	0,073 a	0,3 b	0,46 cd	0,51 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,163 a	0,54 b	1,05 c	1,31 d
Spross	M 21 (Sämlinge)	0,027 a	0,117 a	0,207 a	0,623 b
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,01 a	0,127 ab	0,237 bc	0,47 d
	M 1 (in vitro vermehrt)	0,03 a	0,257 b	0,307 bc	0,41 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,09 a	0,267 b	0,427 bc	0,813 d
Sprossspitzen	M 21 (Sämlinge)	0,023 a	0,157 ab	0,357 bc	0,8 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,013 a	0,147 a	0,31 a	0,817 b
	M 1 (in vitro vermehrt)	0,033 a	0,253 b	0,25 bc	0,49 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,047 a	0,28 b	0,62 c	1,14 d
Wurzelhals	M 21 (Sämlinge)	0,043 a	0,217 b	0,32 bc	0,483 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,01 a	0,223 b	0,297 bc	0,493 d
	M 1 (in vitro vermehrt)	0,043 a	0,273 b	0,287 bc	0,41 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,12 a	0,413 b	0,717 c	1,053 d

Bei allen NaCl-Konzentrationen akkumulierten die Blätter von Klon Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt) die höchsten und die Blätter von Klon M 1 (in vitro vermehrt) die geringsten Natriumgehalte. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Klonen M 1, M 21 und 'KS' im Natriumgehalt der Blätter aller Varianten (Abb. 33).

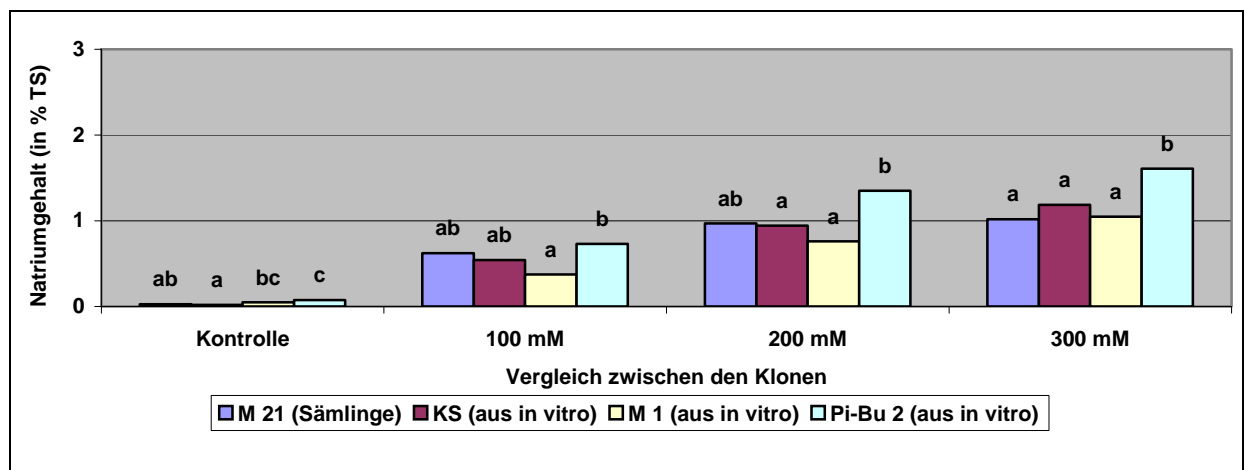


Abb. 33: Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2003

Der Natriumgehalt in der Wurzel weist zwischen den Klonen M 1, M 21 und 'KS' keine signifikanten Unterschiede auf. Im Gegensatz dazu akkumulierten die Wurzeln von Klon Pi-Bu 2 ca. doppelt so hohe Natriumgehalte (Abb. 34).

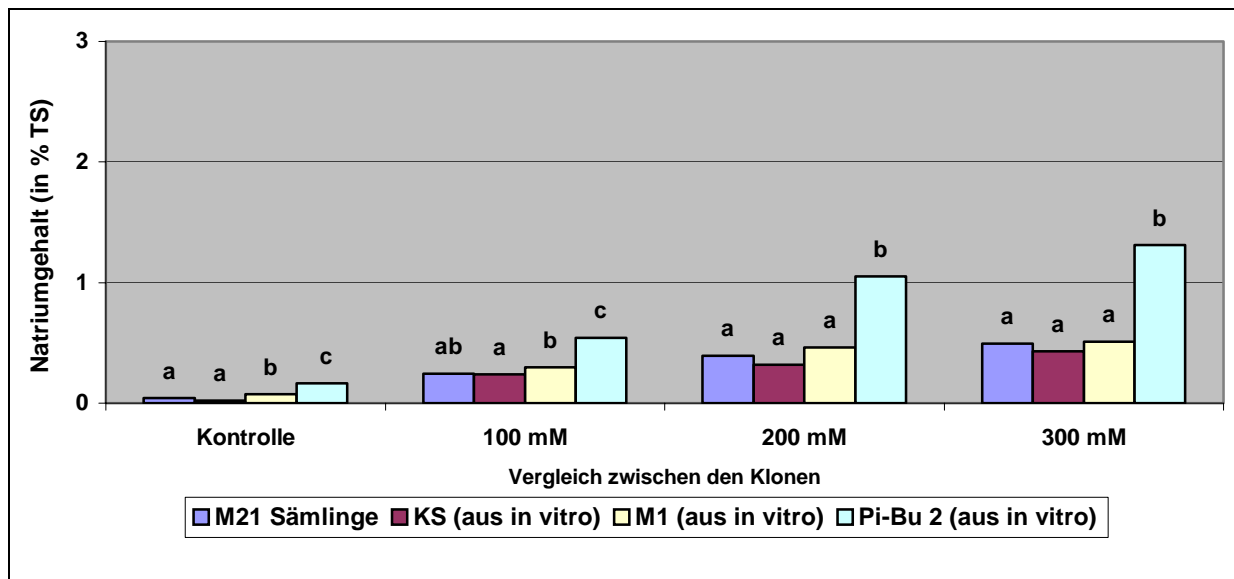


Abb. 34: Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2003

Bei 100 und 200 mM zeigten die Sprosse von Klon M 21 die deutlich geringste und die Sprosse von Pi-Bu 2 wiederum die höchste Natriumakkumulation. Bei 300 mM NaCl ist die Natriumakkumulation in der Trockensubstanz der Sprosse von Klon M 1 und 'KS' nur ca. halb so hoch wie von Pi-Bu 2 (Abb. 35).

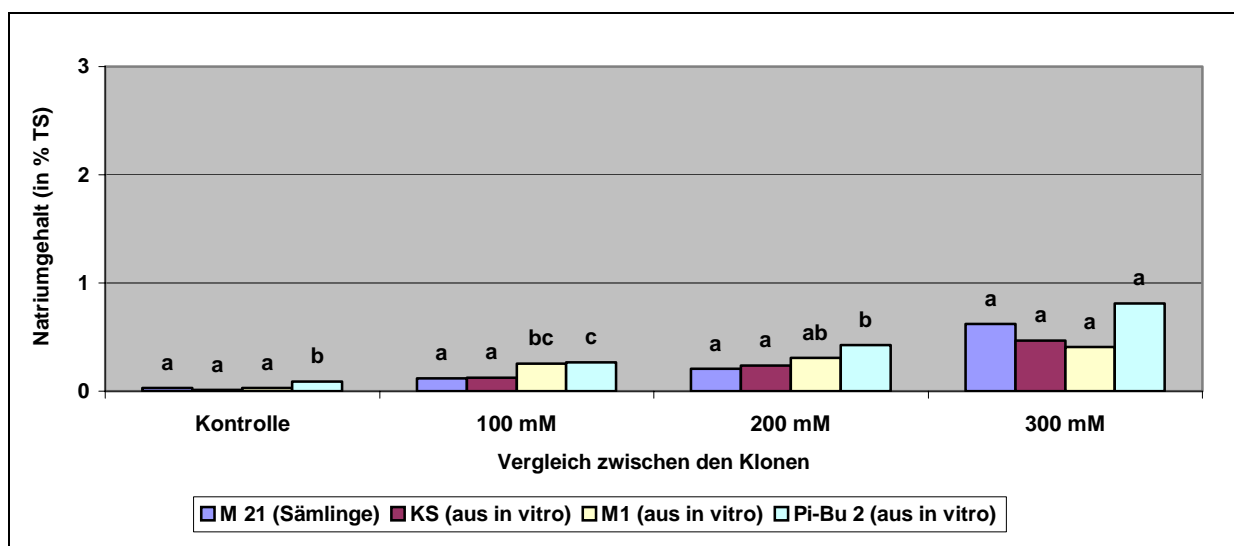


Abb. 35: Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2003

Vergleich der Natriumgehalte von Klon M 21 2001, 2002 und 2003

Der Natriumgehalt stieg bei allen Versuchen proportional in allen Pflanzenteilen von Klon M 21 mit zunehmender NaCl-Konzentration an und war im Jahre 2002 überwiegend höher als 2001 bzw. 2003.

Im Jahr 2002 gab es bei den Varianten 300 und 400 mM NaCl keine Zunahme der Natriumkonzentration mehr in den Blättern, da ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen in der höheren Konzentration eintrat (Abb. 36).

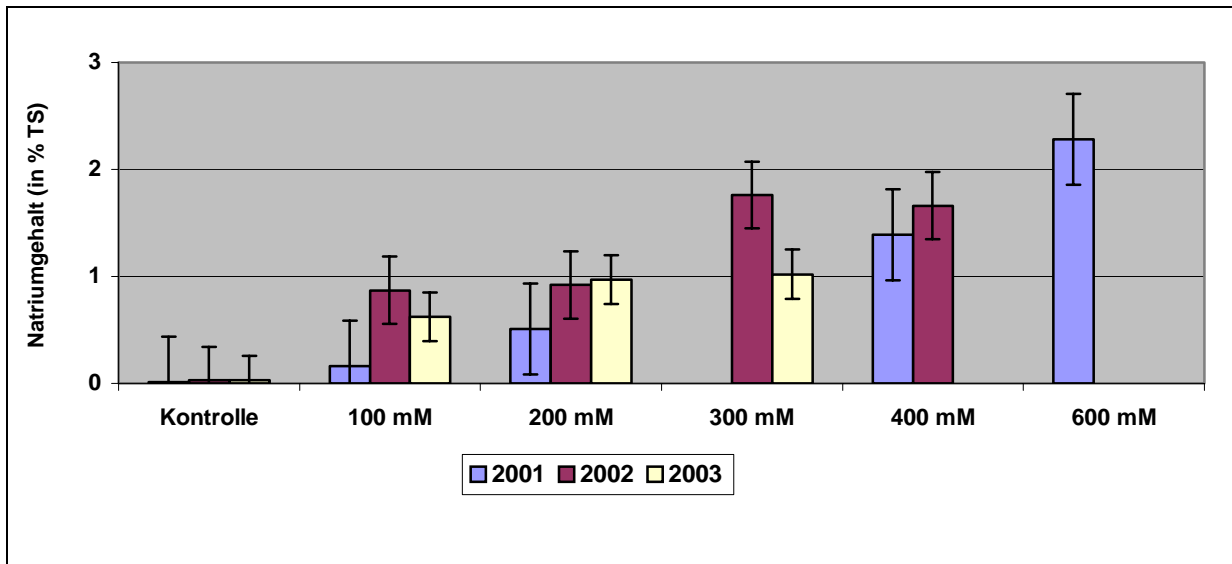


Abb. 36: Natriumgehalt in den Blättern von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Der Natriumgehalt in den Wurzeln von Klon M 21 weist zwischen den Versuchen 2001 und 2003 keine signifikanten Unterschiede auf. Der deutlichsten Unterschied im Natriumgehalt in der Trockensubstanz der Wurzeln ist in der Behandlung mit 300 mM NaCl zwischen den Jahren 2002 und 2003 zu beobachten (Abb. 37).

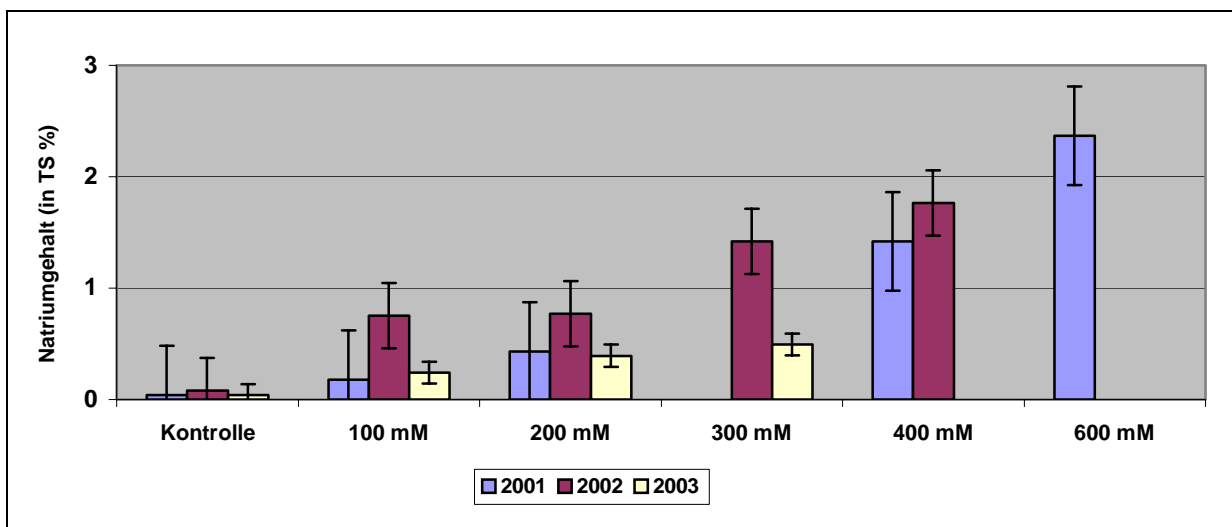


Abb. 37: Natriumgehalt in den Wurzeln von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Wie schon beim Natriumgehalt in den Wurzeln von Klon M 21, existieren auch zwischen den Gehalten in den Sprossen der Versuche 2001 und 2003 keine signifikanten Unterschiede. Der Versuch 2002 zeigt in den jeweiligen Belastungsstufen einen höheren Natriumgehalt in der Trockensubstanz der Sprosse (Abb. 38).

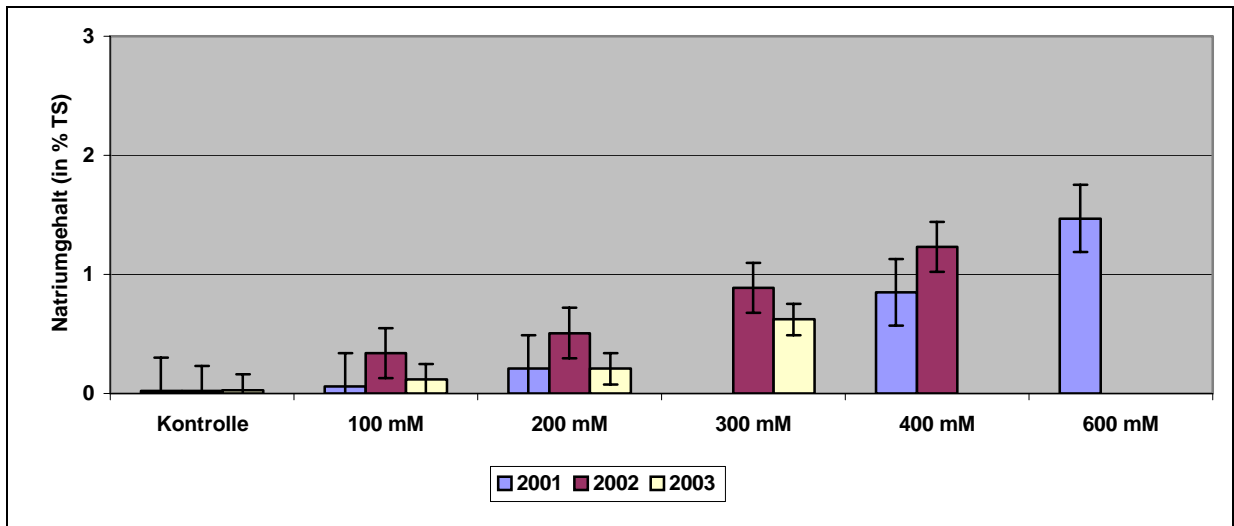


Abb. 38: Natriumgehalt in den Sprossen bei M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Vergleich der Natriumgehalte von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Der Natriumgehalt stieg bei allen Versuchen proportional in allen Pflanzenteilen der 'KS' mit zunehmenden NaCl-Konzentration an. Die Pflanzenteile der 'KS' wiesen im Jahre 2002 bei einer Konzentration von 100 bis 300 mM einen überwiegend höheren Natriumgehalt als 2001 bzw. 2003 auf. Bei 400 mM NaCl konnten in den untersuchten Pflanzenteilen im Jahr 2001 die höchsten Natriumkonzentrationen festgestellt werden. Im Jahr 2002 gab es ab der Variante 200 mM NaCl keine Zunahme der Natriumkonzentration mehr in den Blättern, da ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen in den höheren Konzentrationen (300 und 400 mM) eintrat. Zwischen den Versuchsjahren 2001 und 2003 fallen in der Natriumakkumulation der Blätter von 'KS' keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 39).

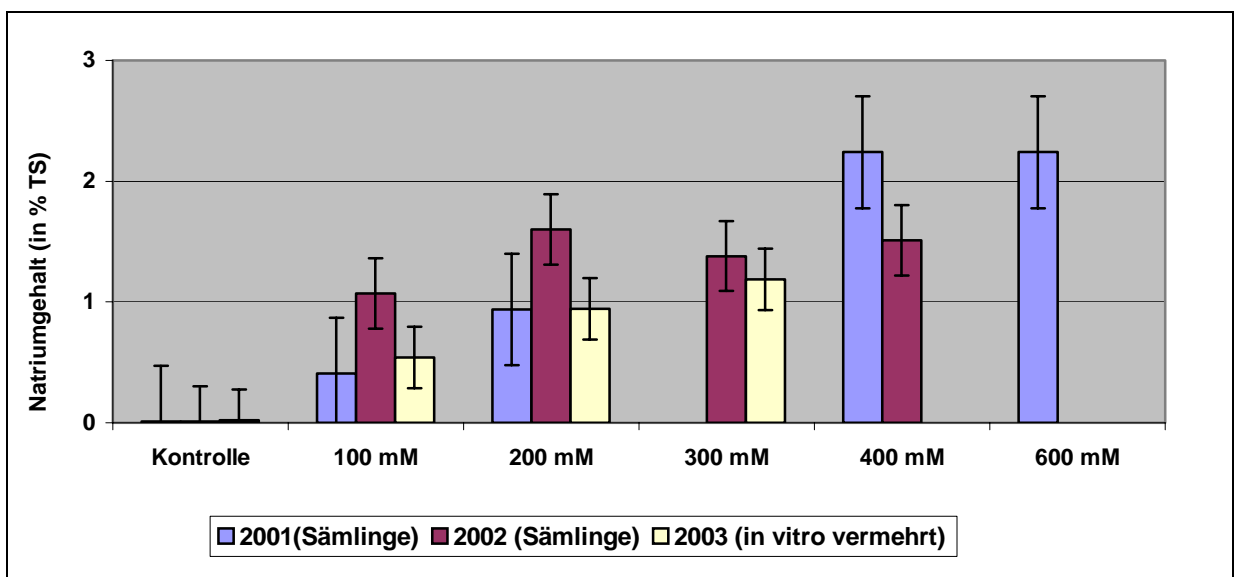


Abb. 39: Natriumgehalt in den Blättern von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

In der Natriumakkumulation der Wurzeln gab es zwischen den Versuchen 2001 und 2002 keine signifikanten Unterschiede. Sehr geringe Akkumulationsraten wurden dagegen im Versuch 2003 beobachtet (Abb. 40).

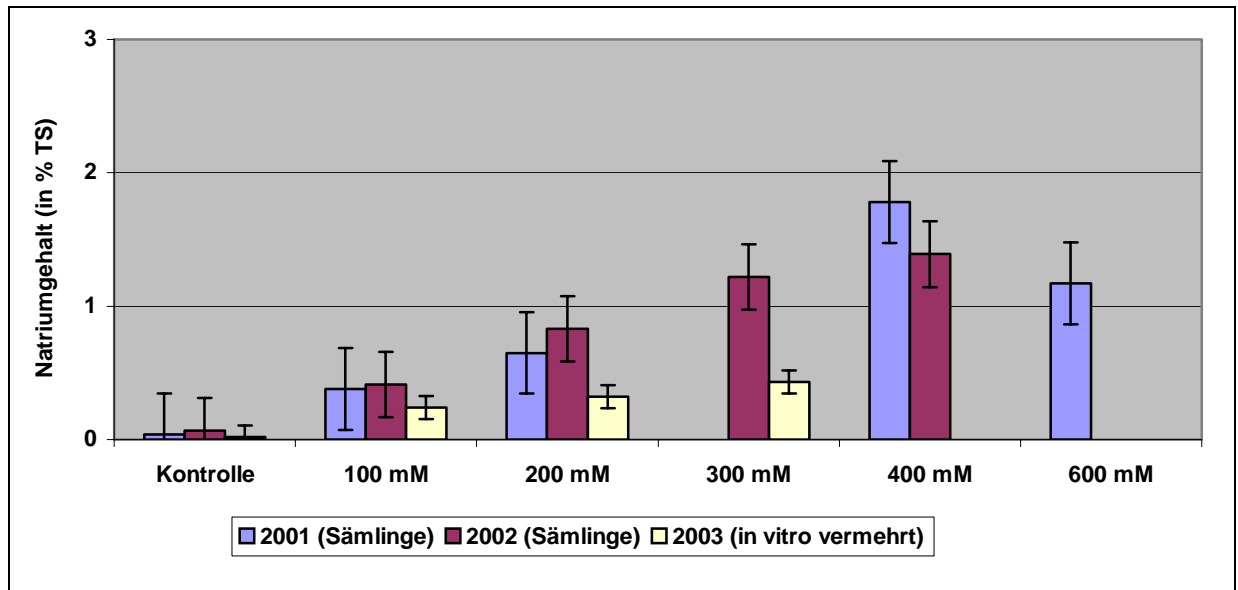


Abb. 40: Natriumgehalt in den Wurzeln von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

In der Natriumakkumulation der Sprosse gibt es keine signifikanten Unterschiede bei 'KS' zwischen den Versuchsjahren. Jedoch weist der Versuch 2003 bei allen Varianten die geringsten Werte auf (Abb. 41).

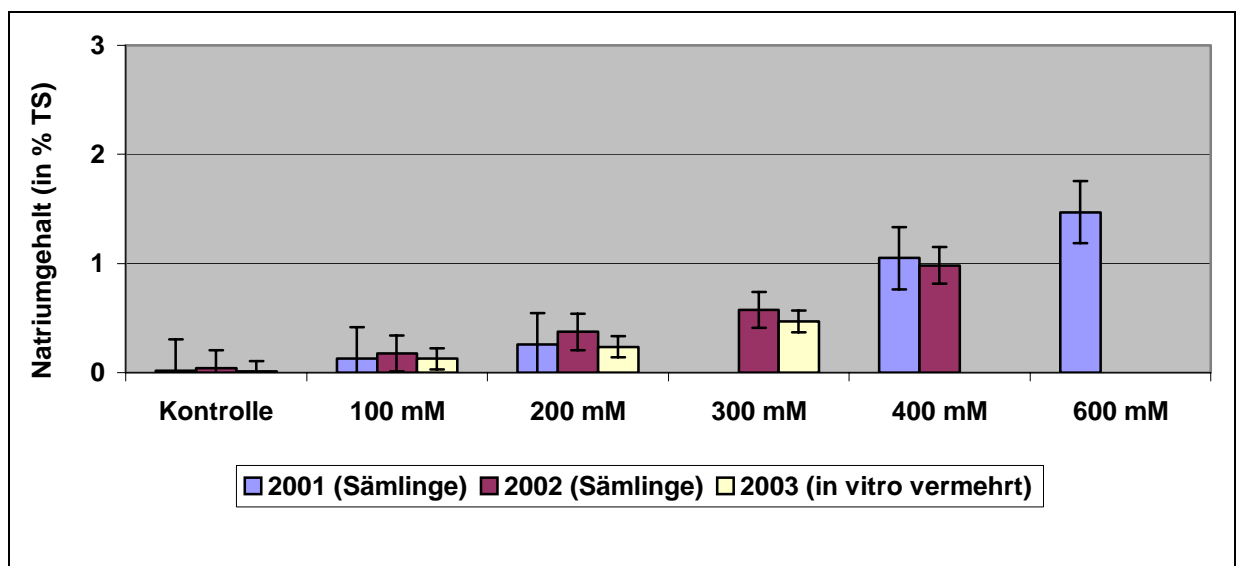


Abb. 41: Natriumgehalt in den Sprossen von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

4.3.1.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen

Chloridgehalt 2001

Alle Klone akkumulierten in den Pflanzenteilen mehr Chlorid als Natrium. Der Chloridgehalt stieg bei allen Klonen mit zunehmender NaCl-Konzentration in allen Pflanzenteilen proportional an: bei allen Konzentrationen wurde Chlorid am stärksten in den Blättern, am geringsten in den Sprossen akkumuliert (Tab.24).

Tab. 24: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshausversuch 2001

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (mM)				
		Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Blätter	M 21	0	0,48	2,04	4,56	5,56
	M 17	0	0,4	3,34	3,76	5,72
	M 10 links	0	0,70	2,18	4,3	7,7
	'KS'	0	1,98	3,48	5,6	6,34
	Pi-Bu 3	0	1,02	2,82	4,08	5,2
	Pi-Bu 4	0,2	2,80	4,08	5,7	4,76
Wurzel	M 21	0	0,34	1,52	3,04	5,3
	M 17	0	0,52	1,6	4	5,3
	M 10 links	0	0,68	1,72	3,02	4,74
	'KS'	0	1,00	1	3,36	4,2
	Pi-Bu 3	0	1,10	2,52	4,28	3,96
	Pi-Bu 4	0	1,40	2,40	3,88	4,34
Spross	M 21	0	0,14	0,58	2,34	3,28
	M 17	0	0	0,58	1,16	3,26
	M 10 links	0	0,3	0,88	2,32	4
	'KS'	0	0,72	0,80	2,34	3,42
	Pi-Bu 3	0	0,3	0,68	2,12	2,96
	Pi-Bu 4	0	0,366	0,80	1,7	2,1
Sprossspitzen	M 21	0	0,062	0,78	3,44	4,1
	M 17	0	0,08	0,646	2,1	5
	M 10 links	0	0,14	0,66	2,08	5,88
	'KS'	0	0,6	0,66	4,02	3,92
	Pi-Bu 3	0	0,28	0,88	2,8	4,3
	Pi-Bu 4	0	0,46	1,04	2,32	3,04
Wurzelhals	M 21	0	0,24	0,98	2,22	3,68
	M 17	0	0,18	0,94	3,12	3,36
	M 10 links	0	0,66	1	2,02	3,42
	'KS'	0	0,6	1,08	2,9	3,48
	Pi-Bu 3	0,1	0,6	1,4	2,42	3,4
	Pi-Bu 4	0,16	0,66	1,44	1,96	2,34

Die Klone aus Müncheberg (M 10 links, M 17 und M 21) akkumulierten größtenteils bei den geringen Konzentrationen von 100 und 200 mM weniger Chlorid in den untersuchten Pflanzenteilen als die Klone aus Dresden-Pillnitz (Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4) und die 'KS'. Bei den höheren Konzentrationen von 400 und 600 mM NaCl ist dagegen kaum ein deutlicher Unterschied zwischen allen Klonen im Chloridgehalt zu beobachten.

Im Vergleich der Chloridgehalte in den Blättern existieren zwischen den Klonen deutliche Unterschiede. Insbesondere bei 100 mM NaCl akkumulierten die Müncheberger Klone deutlich weniger Chlorid (0,4 bis 0,7%) als 'KS' mit 1,98% und Pi-Bu 3 (1,02%)

sowie Pi-Bu 4 (2,8%). Bei 200 mM NaCl akkumulierten die Müncheberger Klone M 21 und M 10 links ca. nur etwa halb soviel Chlorid in den Blättern gegenüber dem Klon Pi-Bu 4 aus Dresden-Pillnitz. Bei 600 mM NaCl ist dagegen die Chloridakkumulation in den Blättern der Klone aus Dresden-Pillnitz geringer als die der anderen untersuchten Klone (Abb. 42).

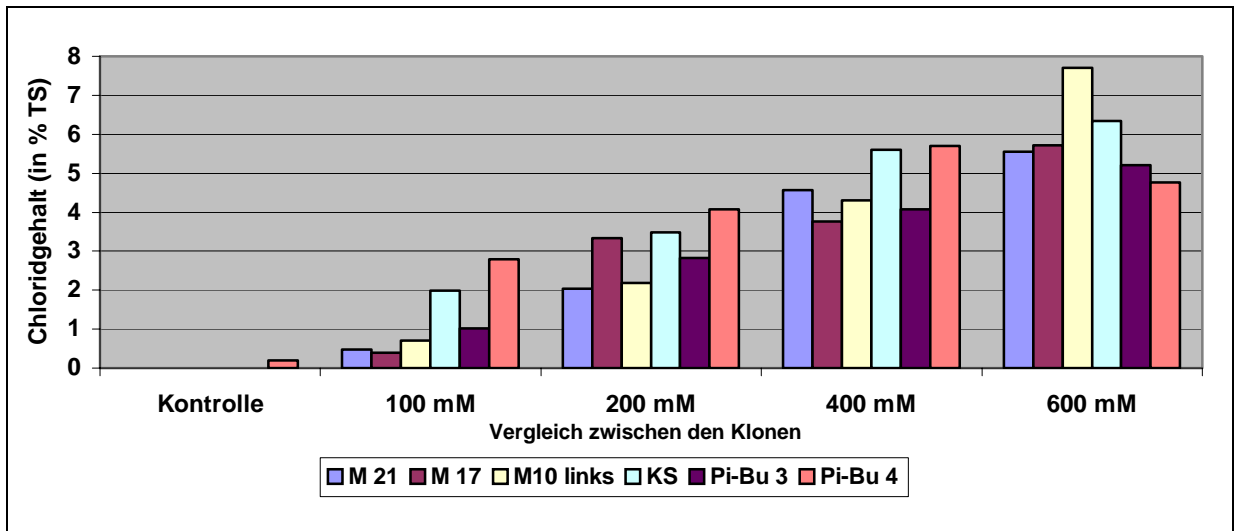


Abb. 42: Chloridgehalt in den Blättern 2001

In der Wurzel zeigen bei 100 und 200 mM NaCl die Klone aus Dresden-Pillnitz gegenüber den Münchberger Klonen eine ca. doppelt so hohe Chloridakkumulation. Bei den höheren Konzentrationen von 400 und 600 mM NaCl existieren keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den untersuchten Klonen, obwohl bei 600 mM NaCl die Müncheberger Klone die höchsten Chloridakkumulationsraten in der Wurzel zeigen (Abb. 43).

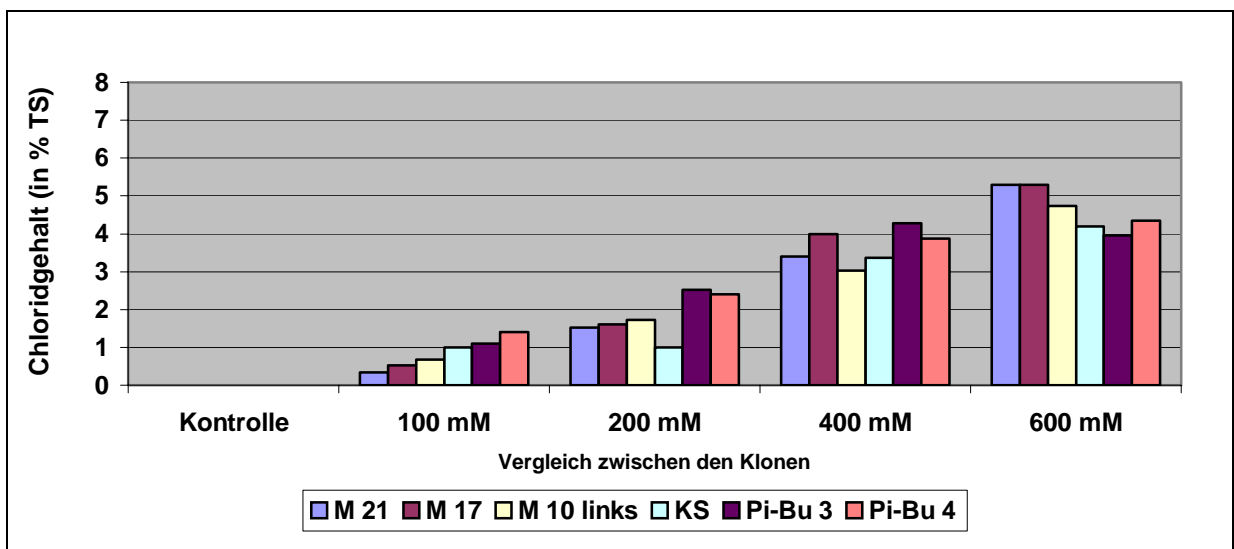


Abb. 43: Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshausversuch 2001

Weniger deutlich sind die Unterschiede zwischen den Klonen im Chloridgehalt in den Sprossen. Jedoch ist auch bei den geringen Konzentrationen von 100 und 200 mM

NaCl die Chloridakkumulation der Müncheberger Klone geringer und bei 600 mM höher im Vergleich mit den anderen untersuchten Klonen (Abb. 44).

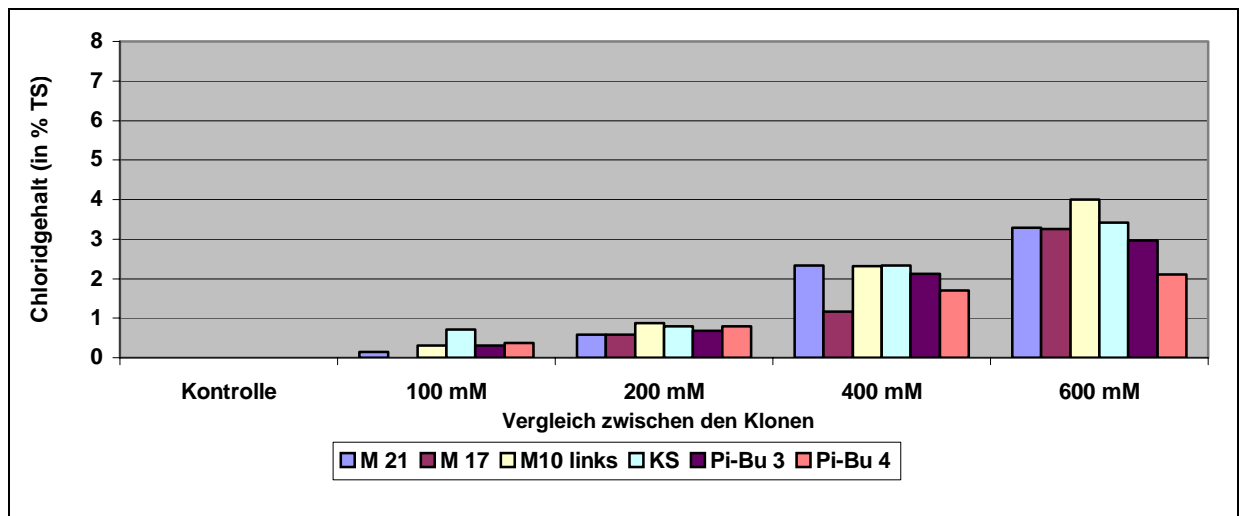


Abb. 44: Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshausversuch 2001

Chloridgehalt 2002

Im Versuchsjahr 2002 akkumulierten die Klone bei 100 mM meist mehr Chlorid in allen Pflanzenteilen als 2001. Die Chloridgehalte in der Trockensubstanz stiegen in allen Behandlungsstufen, wiederum im Vergleich zu 2001, geringer an. Zwischen den Behandlungen mit 300 und 400 mM NaCl war kaum noch ein Anstieg zu verzeichnen bzw. die Werte waren geringer. Eine deutlich höhere Chloridakkumulation in den Blättern, wie im Versuch 2001, konnte nicht beobachtet werden (Tab. 25).

Tab. 25: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshausversuch 2002

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)					
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM	
Blätter	M 21	0,06 a	1,12 b	1,83 c	3 de	2,9 e	
	'KS'	0,065 a	1,84 b	2,88 cde	3,06 e	3 de	
	M 10	0,006 a	1,03 ab	2,013 b			
	Pi-Bu 6	0,064 a	2,35 b	2,93 c			
	Pi-Bu 2	0,024 a	1,18 b				
	Pi-Bu 4	0,142 a	2,9 b				
Wurzel	M 21	0,059 a	1,37 b	2,08 c	2,89 de	3,413 e	
	'KS'	0,13 a	1,38 b	2,07 c	2,98 de	3,063 e	
	M 10	0,143 a	1,63 bc	1,92 c			
	Pi-Bu 6	0,19 a	1,21 b	1,76 c			
	Pi-Bu 2	0,034 a	1,174 b				
	Pi-Bu 4	0,426 a	1,68 b				
Spross	M 21	0 a	0,663 b	1,22 bc	1,973 de	2,19 e	
	'KS'	0,053 a	0,64 b	1,42 cd	1,46 d	2,013 e	
	M 10	0,043 a	0,87 bc	1,11 c			
	Pi-Bu 6	0,053 a	0,563 b	1,04 c			
	Pi-Bu 2	0 a	0,6 b				
	Pi-Bu 4	0,092 a	1,12 b				
Sprossspitzen	M 21	0 a	0,42 ab	1,07 b	3,033 cd	3,073 d	
	'KS'	0 a	1,06 b	1,9 cd	2,633 de	3,41 e	
	M 10	0 a	0,363 ab	0,82 b			
	Pi-Bu 6	0,053 a	1,16 b	1,87 c			
	Pi-Bu 2	0 a	0,59 b				
	Pi-Bu 4	0,053 a	0,62 b				
Wurzelhals	M 21	0 a	1,05 b	1,75 bc	5,59 de	3,273 e	
	'KS'	0,063 a	0,92 ab	1,59 b	2,87 cd	3,08 d	
	M 10	0,11 a	1,21 bc	1,2 c			
	Pi-Bu 6	0,18 a	0,82 b	0,84 bc			
	Pi-Bu 2	0,134 a	0,854 b				
	Pi-Bu 4	0,274 a	1,34 b				

Die Blätter der Müncheberger Klone M 21 und M 10 akkumulierten bei 100 und 200 mM NaCl deutlich weniger Chlorid als die Klone aus Dresden-Pillnitz und 'KS'. Zwischen Klon M 21 und 'KS' besteht bei 300 und 400 mM NaCl kein signifikanter Unterschied im Chloridgehalt (Abb. 45).

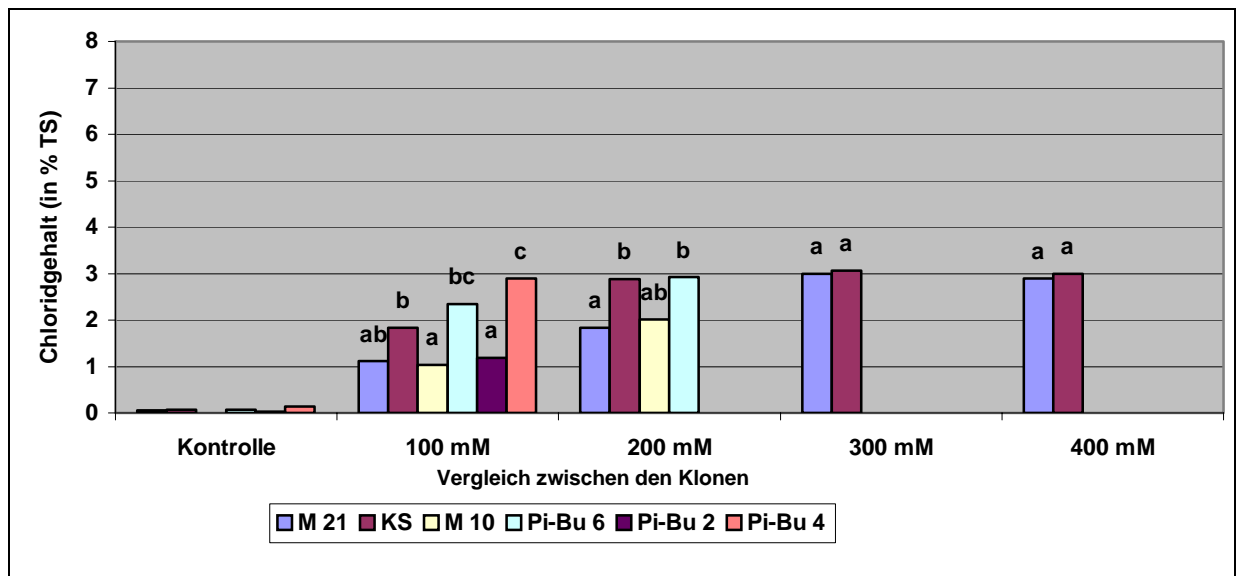


Abb. 45: Chloridgehalt in den Blättern im Gewächshausversuch 2002

In der Chloridakkumulation der Wurzeln gibt es im Versuch 2002 keine signifikanten Unterschiede zu beobachten. Die Wurzeln der Klone M 10 und Pi-Bu 4 akkumulierten bei 100 mM NaCl geringfügig mehr Chlorid als die anderen Klone (Abb. 46).

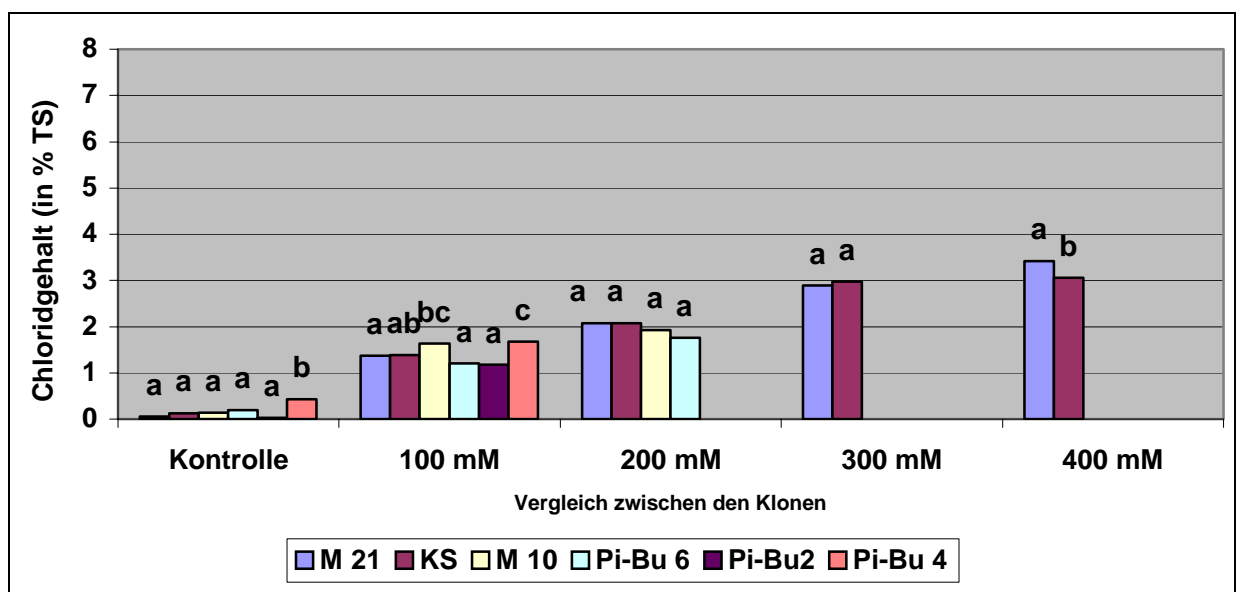


Abb. 46: Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2002

Wie in den Wurzeln unterscheiden sich die Chloridgehalte in der Trockensubstanz der Sprosse zwischen den untersuchten Klonen kaum. Bei 100 mM NaCl akkumulierten die Klone M 10 und Pi-Bu 4 wiederum geringfügig mehr Chlorid als die anderen. Bei 300 mM zeigt sich ein signifikanter Unterschied in einer höheren Chloridakkumulation von Klon M 21 mit 1,97% gegenüber der 'KS' mit 1,46% (Abb. 47).

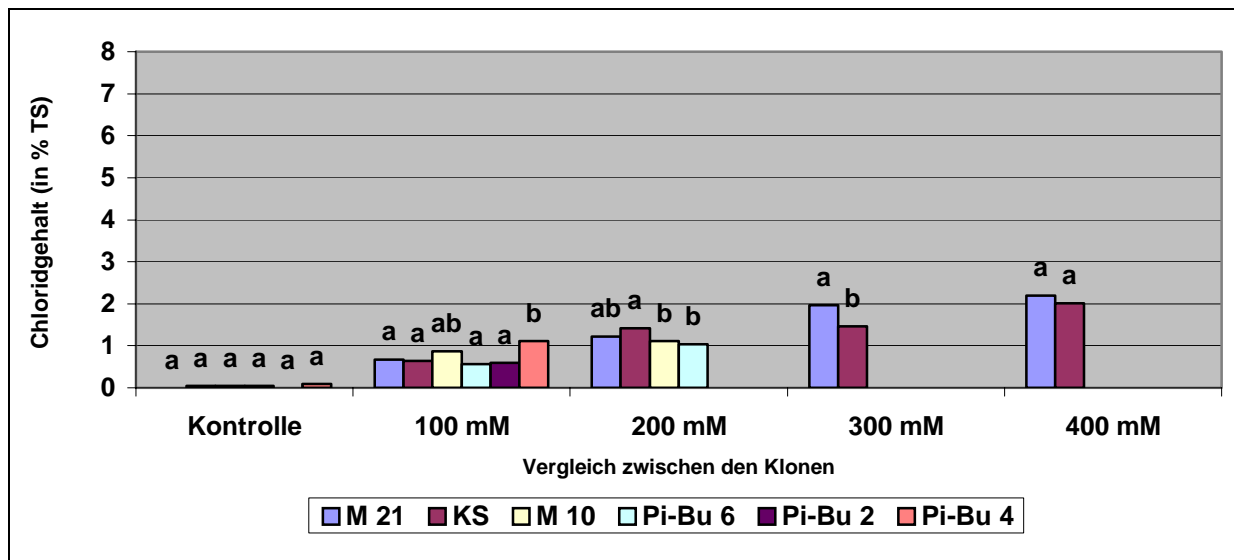


Abb. 47: Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshausversuch 2002

Chloridgehalt 2003

Wie schon in den Versuchsjahren 2001 und 2002 akkumulierten die Klone in den analysierten Pflanzenteilen mehr Chlorid als Natrium. Der Chloridgehalt stieg bei allen Klonen meist mit zunehmender NaCl-Konzentration in allen Pflanzenteilen proportional an. Dabei akkumulieren bei allen Konzentrationen die Blätter mehr Chlorid als in alle anderen Pflanzenteile. Klon Pi-Bu 2 hat neben den höchsten Natriumgehalten bei allen Konzentrationen auch die höchste Chloridakkumulation in der trockensubstanz aller Pflanzenteile aufzuweisen (Tab. 26).

Tab. 26: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2003

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)			
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
Blätter	M 21 (Sämlinge)	0,11 a	1,44 b	2,66 c	2,66 c
	'KS' (in vitro vermehrt)	0 a	0,91 ab	2,46 cd	3,58 d
	M1 (in vitro vermehrt)	0,07 a	0,54 a	1,61 b	2,52 c
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0 a	1,96 b	3,8 cd	4,53 d
Wurzel	M 21 (Sämlinge)	0 a	1,56 bcd	1,56 cd	1,83 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0 a	1,04 bc	1,47 cd	2,07 d
	M1 (in vitro vermehrt)	0 a	0,91 b	1,62 cd	1,9 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,14 a	1,68 b	2,34 cd	2,67 d
Spross	M 21 (Sämlinge)	0 a	0,65 b	0,87 bc	1,45 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0 a	0,71 b	1,19 c	1,55 d
	M1 (in vitro vermehrt)	0,10 a	0,55 b	1,11 cd	1,11 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0 a	0,72 b	1,52 c	2,23 d
Sprossspitzen	M 21 (Sämlinge)	0 a	0,27 ab	1,19 c	2,36 d
	'KS' (in vitro vermehrt)	0 a	0,46 b	0,99 c	1,86 d
	M1 (in vitro vermehrt)	0 a	0,55 b	1,04 cd	1,21 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0 a	0,98 b	1,84 cd	2,17 d
Wurzelhals	M 21 (Sämlinge)	0 a	0,87 b	1,15 bc	1,59 c
	'KS' (in vitro vermehrt)	0,07 a	0,86 b	1,39 cd	1,86 d
	M1 (in vitro vermehrt)	0 a	0,81 bcd	1,35 cd	1,13 d
	Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt)	0,18 a	1,31 bc	1,76 c	2,63 d

Die höchsten Chloridgehalte wurden bei allen NaCl-Konzentrationen in den Blättern von Pi-Bu 2 (in vitro vermehrt) festgestellt, in den Blättern von Klon M 1 (in vitro vermehrt) dagegen die niedrigsten (Abb. 48).

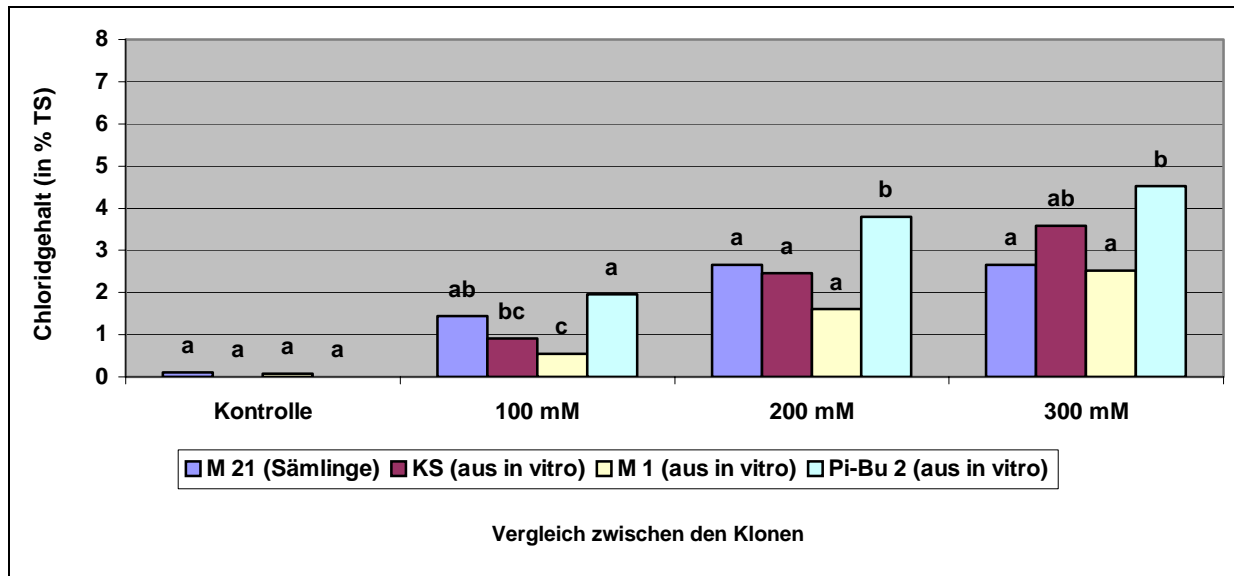


Abb. 48: Chloridgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2003

Alle untersuchten Klone akkumulierten in den Wurzeln weniger Chlorid bei Konzentrationen von 200 und 300 mM NaCl als in den Blättern. Die Pflanzen von Pi-Bu 2 akkumulierten bei allen Konzentrationen in den Wurzeln mehr Chlorid als andere Klone (Abb. 49).

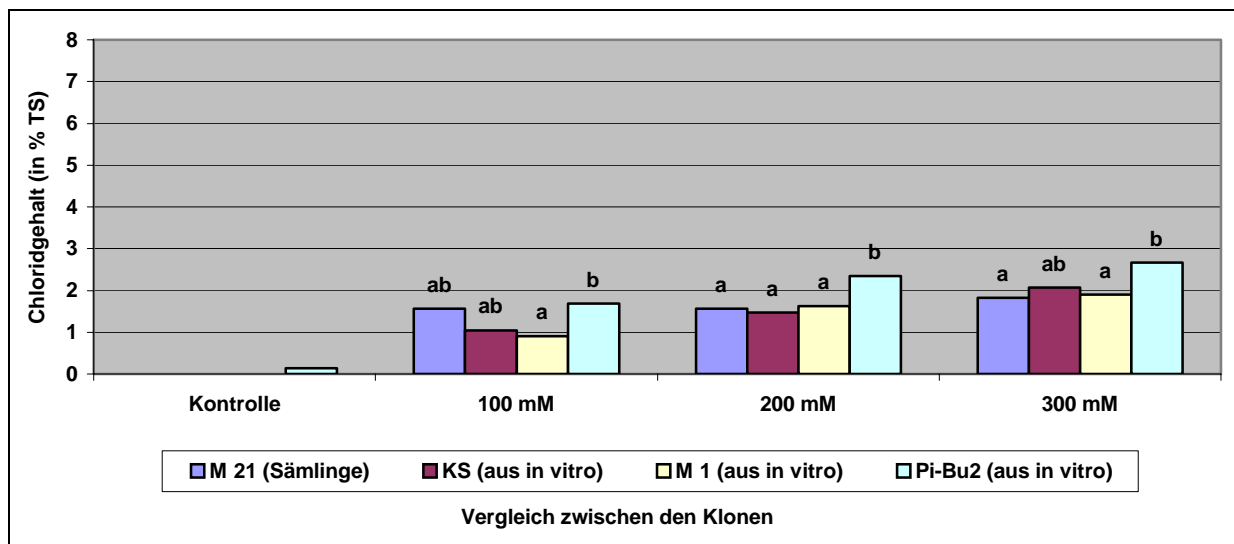


Abb. 49: Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2003

Zwischen den untersuchten Klonen zeigen die Chloridgehalte in der Trockensubstanz der Sprosse nur geringe Unterschiede. Bei allen Varianten wurden bei Klon M 1 etwas geringere Werte und bei Klon Pi-Bu 2 etwas höhere Werte ermittelt (Abb. 50).

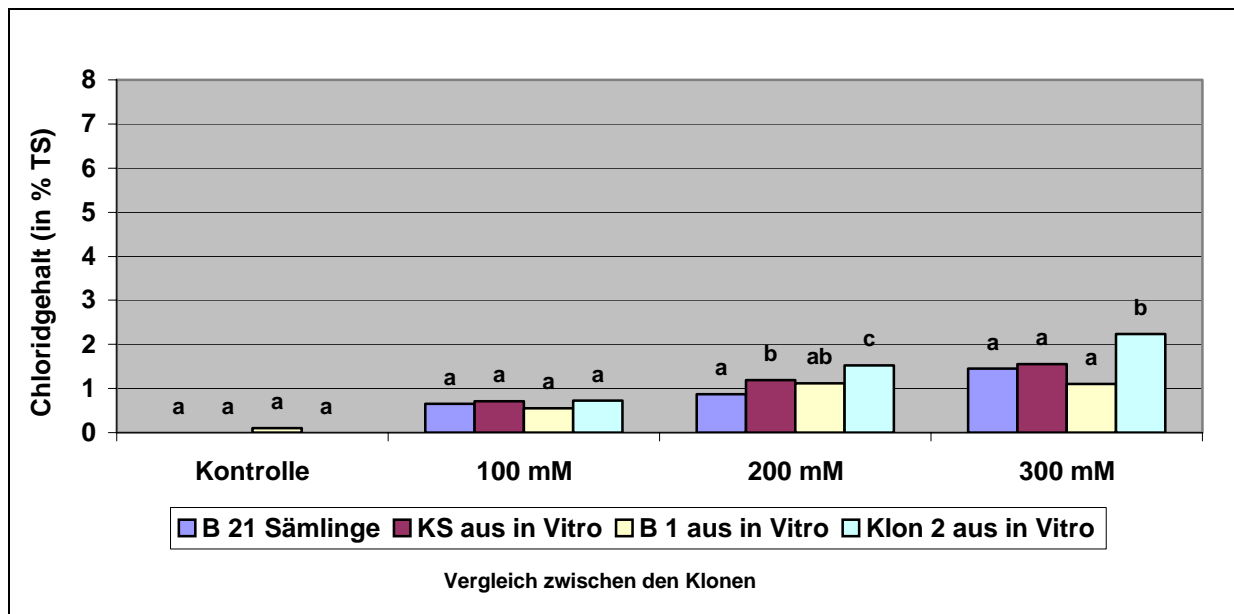


Abb. 50: Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2003

Vergleich der Chloridgehalte von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Der Chloridgehalt stieg in den Versuchsjahren in allen Pflanzenteilen von Klon M 21 größtenteils proportional mit zunehmender NaCl-Konzentration an. Am geringsten war der Anstieg der Chloridkonzentration in der Trockensubstanz im Versuchsjahr 2003. Dagegen erfolgte im Versuch 2001 bis hin zur höchsten Belastungsstufe eine kontinuierliche Zunahme der Chloridkonzentration.

Im Jahr 2002 gab es zwischen den Varianten 300 und 400 mM NaCl in den Blättern keine Zunahme der Chloridkonzentration mehr, hervorgerufen durch ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen bei der höheren Konzentration. Im Folgejahr 2003 zeigte sich die Stagnation einer Zunahme des Chloridgehaltes in den Blättern schon in den Varianten 200 und 300 mM NaCl. Hier trat ebenso ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen in der höheren Konzentration ein (Abb. 51).

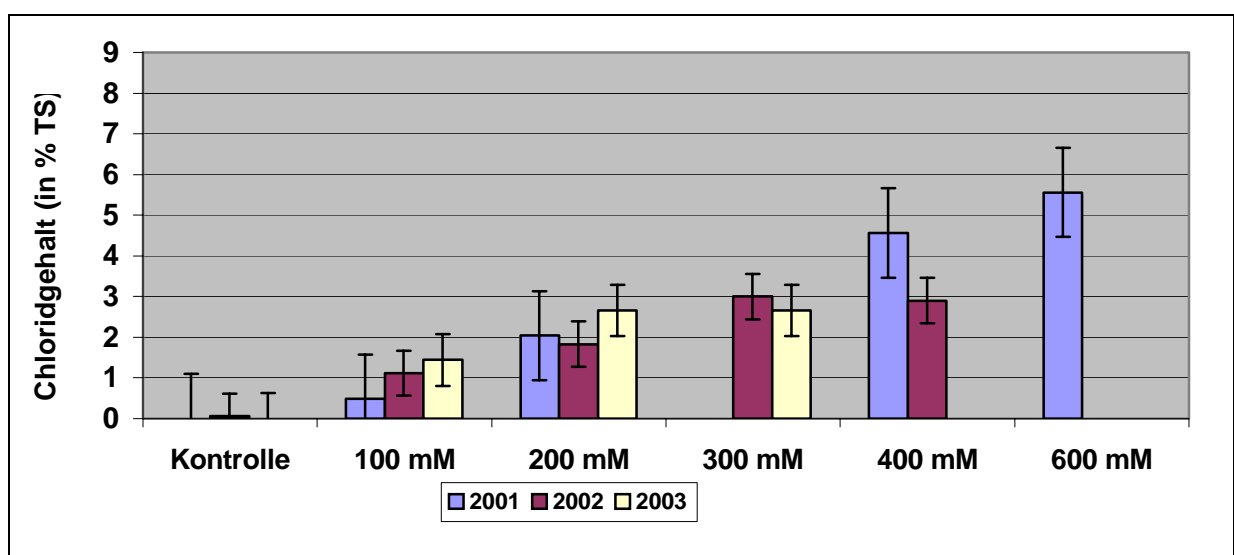


Abb. 51: Chloridgehalt in den Blättern von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Im Vergleich der Chloridgehalte der Wurzeln zwischen den Versuchsjahren von Klon M 21 kann in den Jahren 2001 und 2002 ein kontinuierlicher Anstieg mit zunehmender Belastung festgestellt werden. Dagegen zeigt der Versuch 2003, ausgehend vom ver-

hältnismäßig hohen Wert bei 100 mM NaCl, nur noch eine geringe Zunahme in den höheren Konzentrationen (Abb. 52).

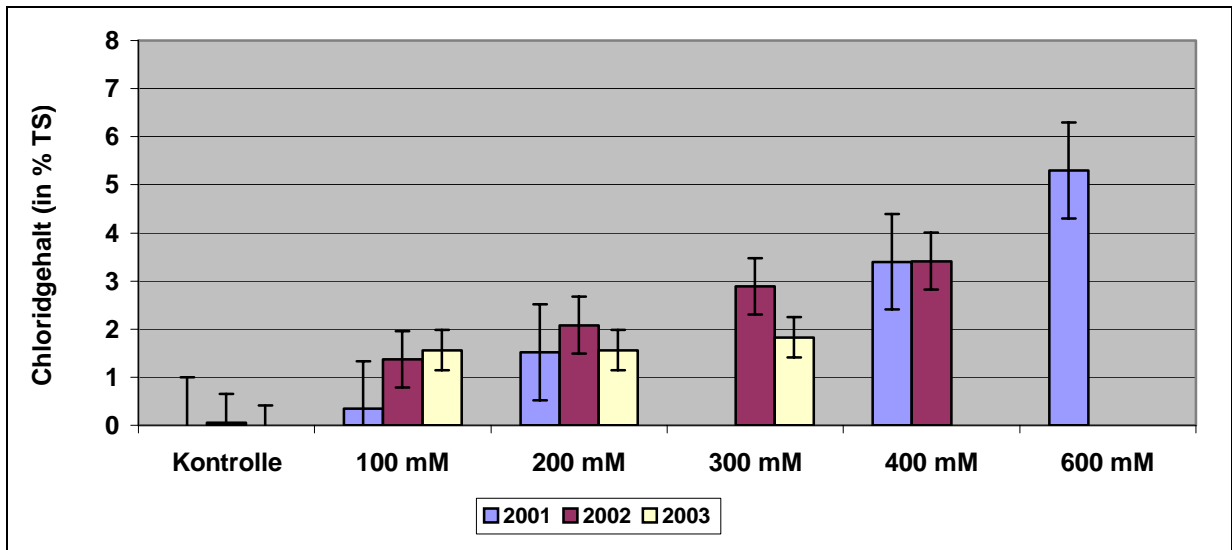


Abb. 52: Chloridgehalt in den Wurzeln von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Im Chloridgehalt der Sprosse von Klon M 21 existieren zwischen den Versuchsjahren keine signifikanten Unterschiede. Einzige Ausnahme ist der Versuch 2001 bei 100 mM NaCl mit einer sehr geringen Chloridakkumulation von nur 0,14% in der Trockensubstanz der Sprosse (Abb. 53).

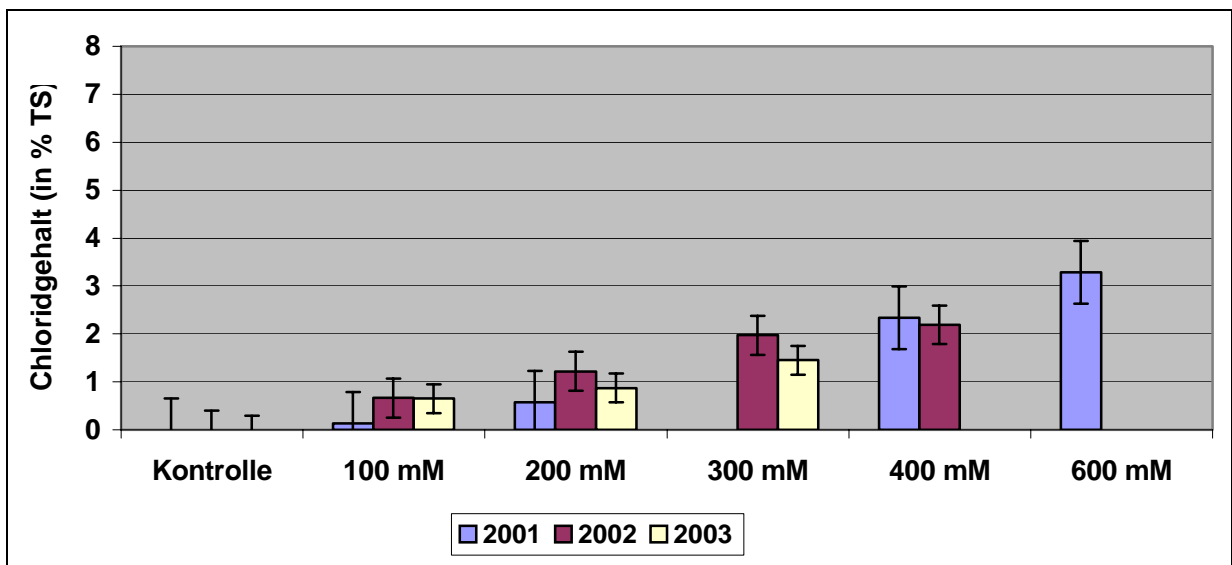


Abb. 53: Chloridgehalt in den Sprossen von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Vergleich der Chloridgehalte von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

Der Chloridgehalt stieg mit zunehmender NaCl-Konzentration in den Versuchsjahren jeweils proportional in allen Pflanzenteilen der 'KS' an. Die Pflanzenteile der 'KS' wiesen im Jahre 2002 bei einer Konzentration von 100 und 200 mM einen überwiegend höheren Chloridgehalt als 2001 bzw. 2003 auf. Bei 400 und 600 mM NaCl konnten in den untersuchten Pflanzenteilen im Jahr 2001 die höchsten Chloridkonzentrationen festgestellt werden.

Im Jahr 2002 gab es ab der Variante 200 mM NaCl keine Zunahme der Chloridkonzentration mehr in den Blättern. Das vorzeitige Absterben der Pflanzen in den höheren Konzentrationen mit 300 und 400 mM war dafür die Ursache (Abb. 54).

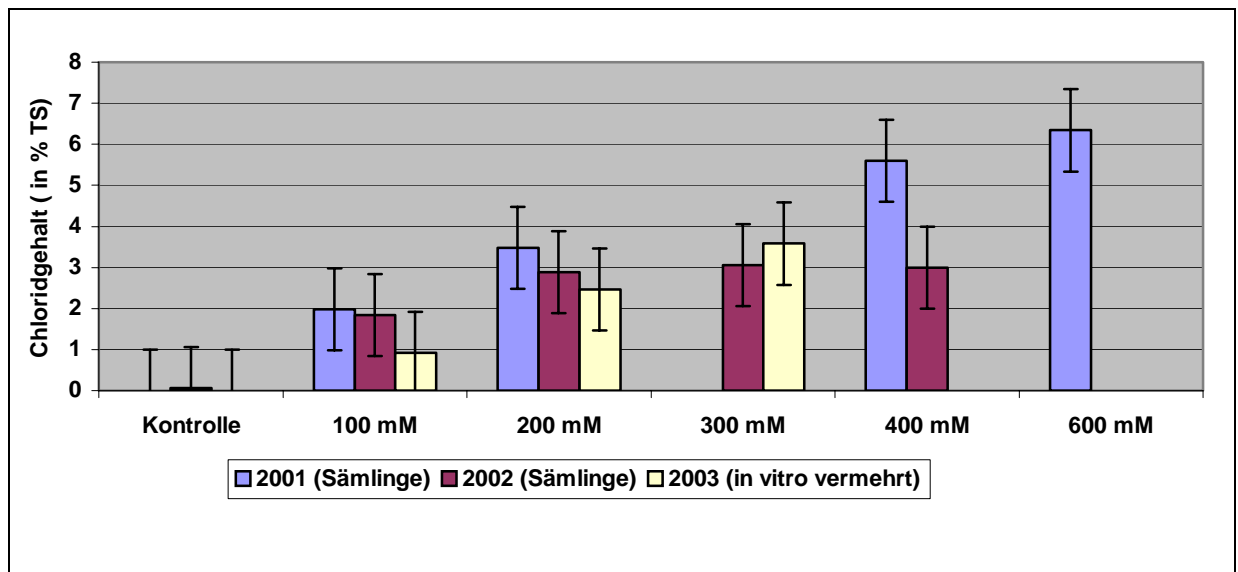


Abb. 54: Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

In der Chloridakkumulation der Wurzeln gab es zwischen den Versuchen 2001 und 2003 keine signifikanten Unterschiede. Eine etwas höhere Akkumulation konnte dagegen im Versuchsjahr 2002 bei 100 bis 300 mM beobachtet werden (Abb. 55).

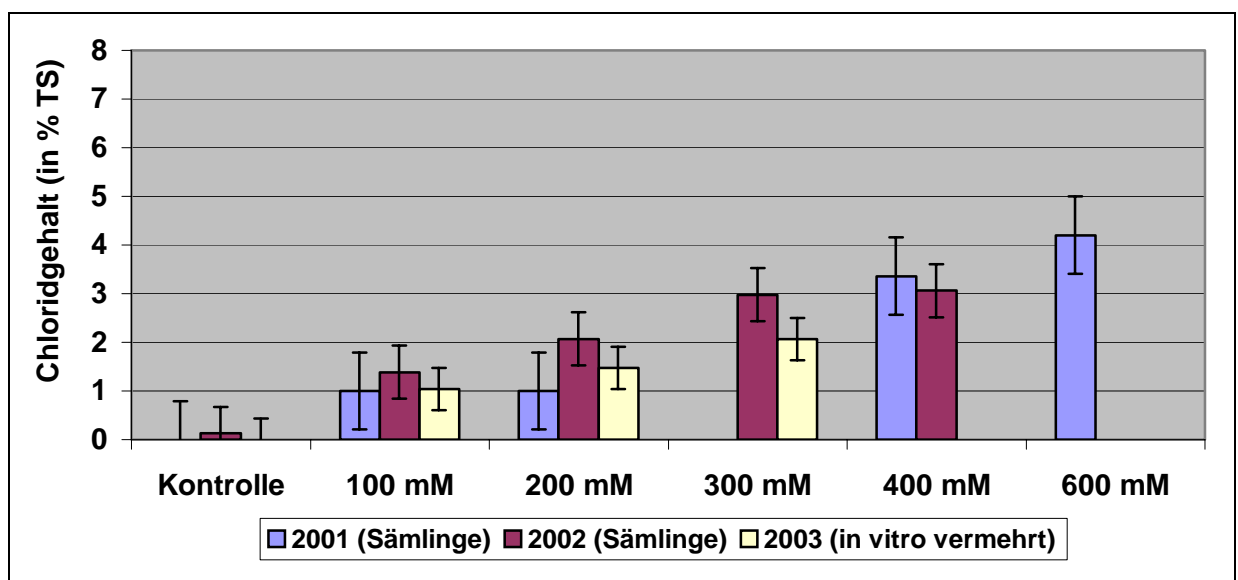


Abb. 55: Chloridgehalt in den Wurzeln von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

In der Chloridakkumulation der Sprosse zeigen sich bei 'KS' zwischen den Versuchsjahren die wenigsten Unterschiede (Abb. 56).

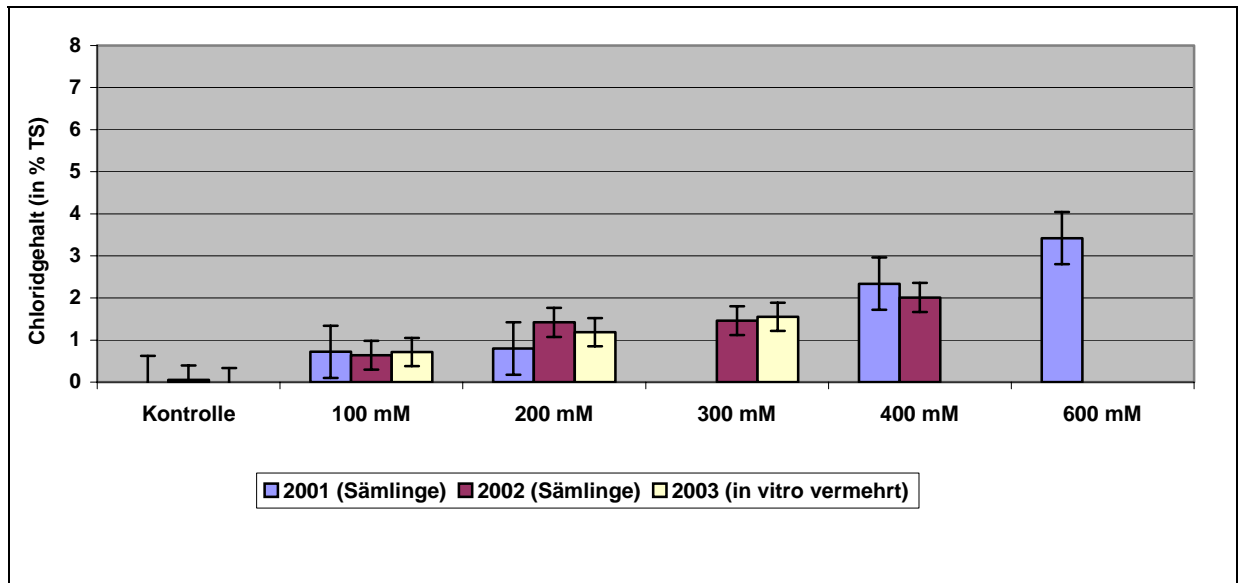


Abb. 56: Chloridgehalt in den Sprossen von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003

4.3.2 Salzstressprüfung in der Klimakammer

4.3.2.1 Blattschädigungen

Blattschädigungen 2001

Der Salzstressprüfung wurde in der Klimakammer 2001 nur die 'KS' unterzogen. Erste Blattschädigungen traten bei 'KS' bei 400 und 600 mM NaCl nach 3-wöchiger Belastung auf. Erst nach 6 Wochen waren erste Blattschädigungen bei 200 mM NaCl sichtbar. Nach 8 Wochen gab es erste Blattschädigungen bei 100 mM. Der Anteil abgestorbener Blätter stieg bei 400 mM NaCl, im Vergleich zur 200 mM-Variante stark an (Tab. 27).

Tab. 27: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2001 (%)

NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)					
Kontrolle		100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
0	a	16,3 b	27,67 c	84,67 d	100 e

Blattschädigungen 2002

Erste Blattschädigungen (Nekrosen) traten bei beiden Klonen nach 3-wöchiger Belastung auf. Diese Nekrosen zeigten sich bei 'KS' zu diesem Zeitpunkt bei allen NaCl-Konzentrationen. Bei Klon M 21 hingegen waren diese Blattschädigungen nur bei 300 und 400 mM zu beobachten. Erst nach fünf Wochen wurden erste Blattschädigungen bei M 21 auch bei 100 und 200 mM NaCl deutlich.

Der Anteil abgestorbener Blätter nahm mit erhöhter NaCl-Belastung bei beiden Klonen zu. Bei den Behandlungsstufen 100 bis 300 mM war der Anteil abgestorbener Blätter von 'KS' gegenüber Klon M 21 signifikant höher. Klon M 21 zeigte bei einer Konzentration von 100 mM nur wenige abgestorbene Blätter (10%), wogegen bei 'KS' schon fast die Hälfte der Blätter (46,64%) abgestorben waren. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Klonen bei 400 mM NaCl. Im Vergleich zu dem Versuch 2001 wurde bei 'KS' bei den NaCl-Konzentrationen von 100 und 200 mM ein bedeutend höherer Anteil abgestorbener Blätter beobachtet (Tab. 28).

Tab. 28: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2002 (%)

Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
KS	0 a	46,64 b	61,34 b	95,34 c	96,66 c
M 21	0 a	10 a	39,99 b	70,32 c	88,32 c

Am Versuchsende erreichte der Anteil abgestorbener Blätter bei einer Belastung von 400 mM NaCl 88,32% bei Klon M 21 und 96,66% bei 'KS' (Tab. 28 und Abb. 57).

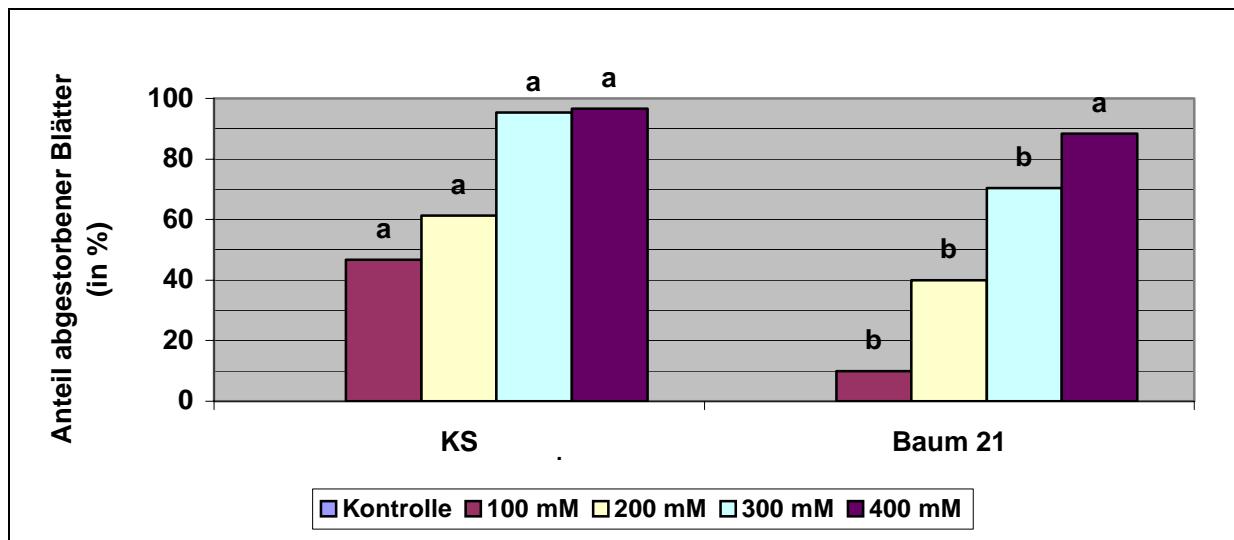


Abb. 57: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2002 (%)

Blattschädigungen 2003

Der Verlauf der Blattschädigungen (Nekrosen) war am deutlichsten bei 'KS' ausgeprägt. Erste Blattschäden traten nach 2-wöchiger Behandlung von 'KS' mit 200 und 300 mM NaCl auf. Gleichzeitig gab es zu diesem Zeitpunkt bei M 21 (Sämlinge) bei diesen Konzentrationen erste Nekrosen, jedoch auf geringerem Niveau. Nach 6-wöchiger Behandlung zeigten alle NaCl-Konzentrationen von 'KS' und Klon M 21 (Sämlinge) Nekrosen. Erst zu diesem Zeitpunkt wurden die ersten Blattnekrosen bei den Varianten M 21 (in vitro vermehrt) und M 21 (in vitro vermehrt, „HT“) bei einer Konzentration von 200 und 300 mM NaCl sichtbar. Die Belastungsstufe 100 mM NaCl zeigte bei diesen beiden Varianten von Klon M 21 bis zum Versuchsende keine Nekrosen.

Nach einem Monat begannen die Pflanzen aller Varianten bei einer Konzentration von 300 mM abzusterben (Abb. 58 und 59).



Abb. 58: Vergleich der NaCl-Behandlungsvarianten der Sämlinge von Klon M 21 und 'KS'

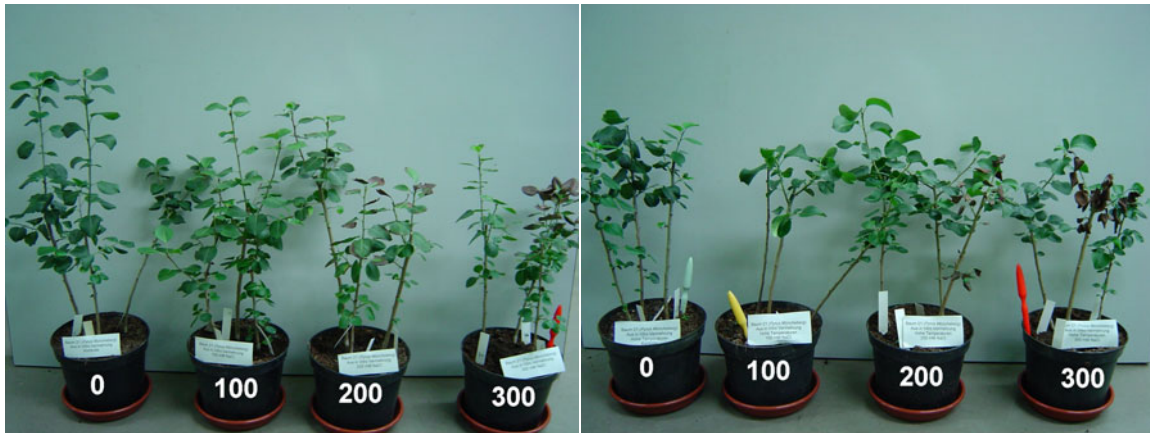


Abb. 59: Vergleich der NaCl-Behandlungsvarianten in vitro vermehrter Pflanze von Klon M 21, rechts Variante „HT“

Bei den NaCl-Konzentrationen von 100 und 200 mM zeigen die Pflanzen aus der Variante M 21 (in vitro vermehrt, „HT“) einen signifikant geringeren Anteil abgestorbener Blätter. Gleichzeitig hatten bei diesen beiden Konzentrationen die Pflanzen von 'KS' den höchsten Anteil abgestorbener Blätter (Tab. 29 und Abb. 60 und 61).

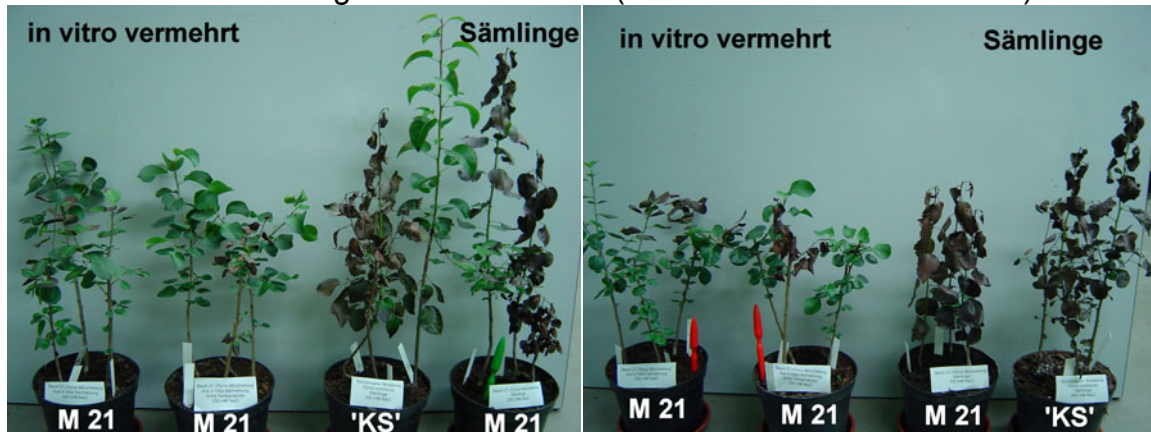


Abb. 60: Vergleich der beiden in vitro vermehrten Varianten von Klon M 21 mit den Sämlingen von Klon M 21 und 'KS' bei den Konzentrationen 200 (links) und 300 mM NaCl

Tab. 29: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2003 (%)

Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)			
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
M 21 (Sämlinge)	0 a	24,4 b	59,1 cd	79,55 d
KS (Sämlinge)	0 a	28,3 b	88,0 cd	93,3 d
M 21 (in vitro vermehrt)	0 a	19,3 b	78,3 cd	89 d
M 21 (in vitro vermehrt, „HT“)	0 a	6,2 ab	42,9 c	84,7 d

Im Vergleich mit dem Versuch 2002 zeigte 'KS' zwar bei 100 mM einen ca. halb so hohen Anteil abgestorbener Blätter, jedoch nahm bei höheren Konzentrationen der Anteil abgestorbener Blätter gegenüber 2002 zu.

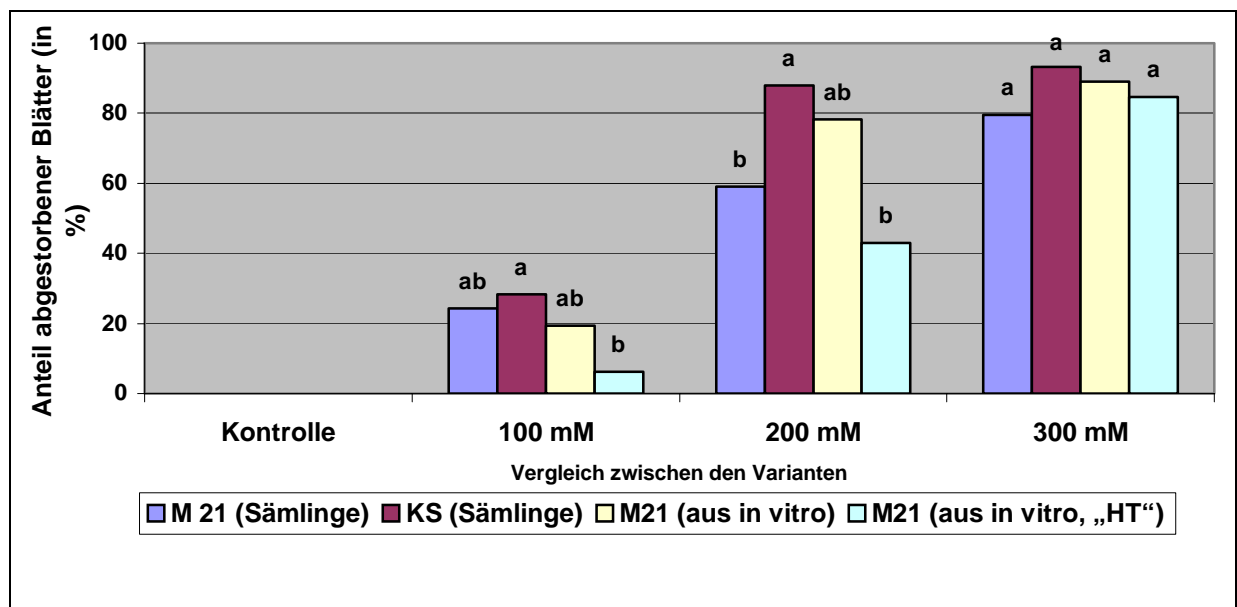


Abb. 61: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2003

4.3.2.2 Triebzuwachs

Triebzuwachs 2001

Mit zunehmender NaCl-Konzentration zeigte die 'KS' eine starke Abnahme des Triebwachstums. Besonders zwischen 100 und 200 mM wurde eine deutliche Reduzierung des Triebwachstums von 18,6% auf 60% beobachtet (Tab. 30).

Tab. 30: Abnahme des Triebzuwachses von 'KS' im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2001

Kontrolle	NaCl-Behandlung			
	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)			
38,66	18,6	60	82,7	94

Triebzuwachs 2002

Im Versuch 2002 wiesen beide untersuchten Klone zwischen den NaCl-Konzentrationen 100 und 200 mM die größte Abnahme des Triebwachstums auf. Bei 100 mM NaCl zeigte 'KS' die geringere Zuwachsabnahme gegenüber Klon M 21, obwohl M 21 über alle Konzentrationen den höheren absoluten Zuwachs hatte. Im Vergleich zu 2001 wuchs 'KS' im Versuch 2002 deutlich geringer (Tab. 31 und Abb. 62).

Tab. 31: Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2002

Klone	NaCl-Behandlung				
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
	Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)			
KS	12,7	33	69,3	78,7	79,5
M 21	23,6	46,6	71,2	79,7	81,3

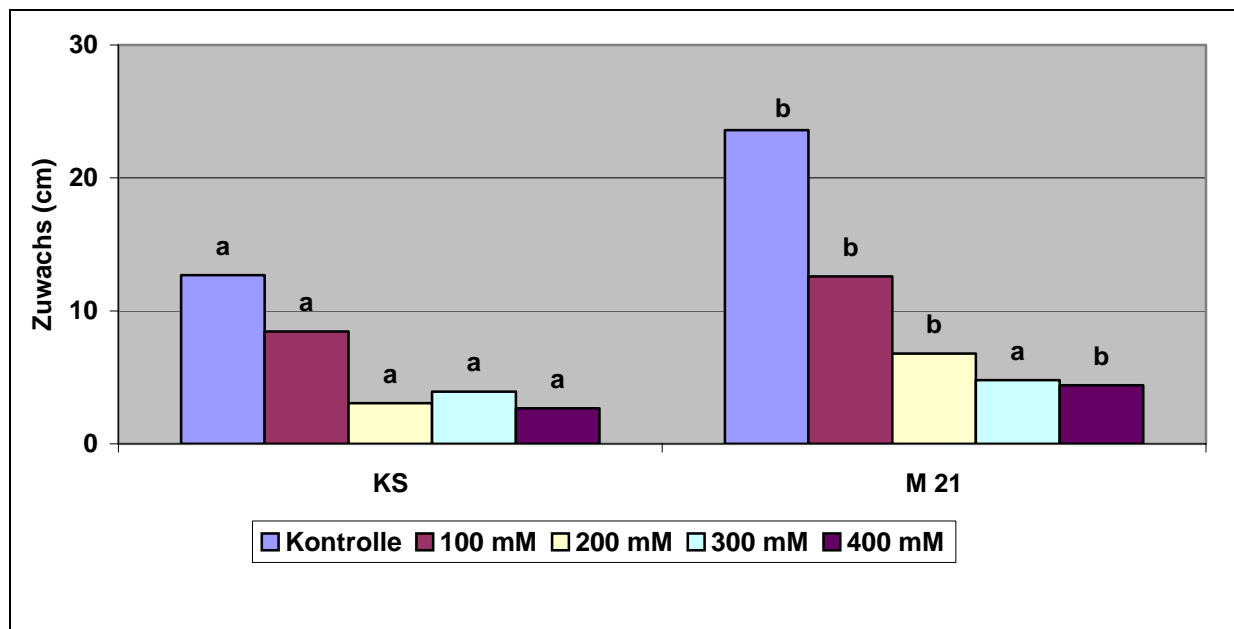


Abb. 62: Triebzuwachs in der Klimakammer 2002

Triebzuwachs 2003

Der Triebzuwachs nahm bei allen Varianten mit erhöhter NaCl-Belastung ab. Im Vergleich der Varianten von Klon M 21 zeigen in vitro vermehrte Pflanzen eine deutlich höhere Abnahme des Triebzuwachses als die Sämlinge. Im absoluten Zuwachs wachsen die Sämlinge deutlich stärker als die in vitro vermehrten Pflanzen. Eine ähnlich hohe prozentuale Abnahme des Triebzuwachses wie die in vitro vermehrten Pflanzen von Klon M 21 zeigt die 'KS'. Im Vergleich der Zuwachswerte mit dem Versuch 2002 findet sich bei den untersuchten Sämlingen von Klon M 21 und 'KS' in der Kontrolle ein entgegengesetztes Bild. Der Zuwachs von M 21 ist 2003 deutlich geringer. Jedoch reagieren die Sämlinge von M 21 gegenüber 'KS' unter NaCl-Belastung wiederum mit einer geringeren prozentualen Zuwachsabnahme (Tab. 32 und Abb. 63).

Tab. 32: Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2003

Klone	NaCl-Behandlung			
	Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
	Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)		
M 21 Sämlinge	12,5	22,35	64,3	62,2
KS (Sämlinge)	26,4	77	80,3	90
M 21 (in vitro vermehrt)	8,82	62,9	89,4	94,3
M 21 (in vitro vermehrt, „HT“)	8,33	84,4	94,3	99

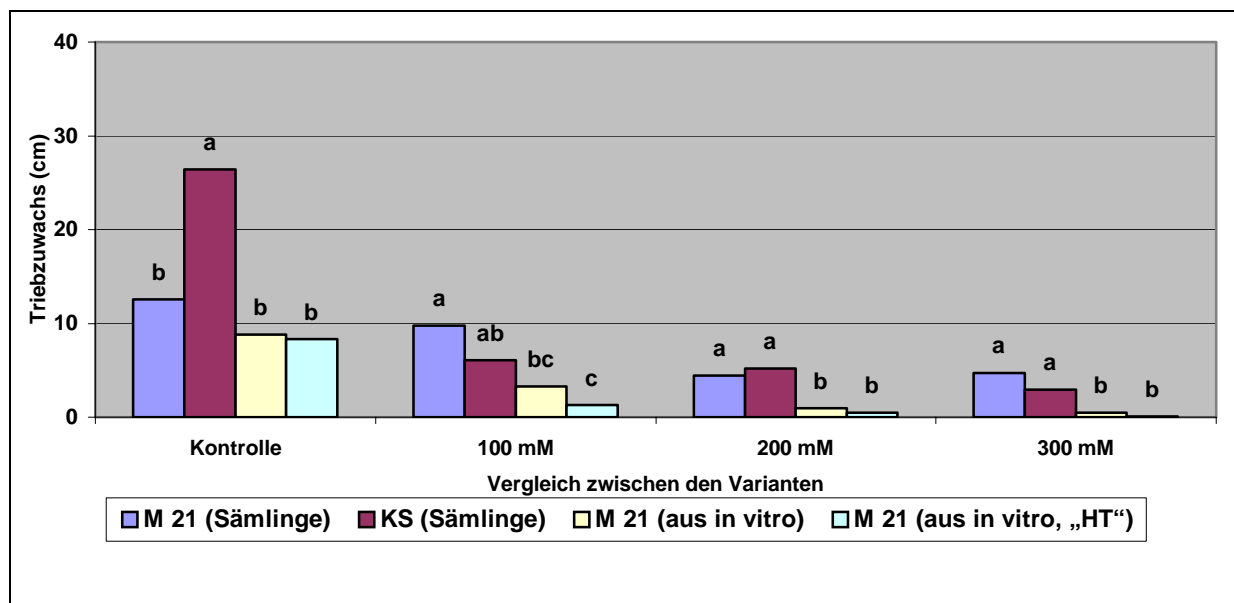


Abb. 63: Triebzuwachs in der Klimakammer 2003

4.3.2.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen

Natriumgehalt 2001

Die 'KS' akkumulierte bei allen NaCl-Konzentrationen in den Blättern die höchsten Natriumgehalte. Von 100 bis 400 mM NaCl steigt der Natriumgehalt in allen Pflanzenteilen proportional an. Zwischen den Belastungen mit 400 und 600 mM NaCl konnte kein Anstieg des Natriumgehaltes mehr beobachtet werden (Tab. 33).

Tab. 33: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen von 'KS' in der Klimakammer 2001

Pflanzenteile	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
	Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Blätter	0,073 a	0,657 b	1,123 c	1,187 c	1,113 c
Wurzel	0,11 a	0,333 b	0,59 c	0,97 d	0,88 d
Spross	0,06 a	0,153 a	0,557 b	1,40 c	1,04 d
Sprossspitzen	0,06 a	0,163 a	0,73 b	1,14 c	1,013 d
Wurzelhals	0,03 a	0,263 b	0,627 c	0,82 d	0,82 d

Natriumgehalt 2002

Im Versuch 2002 akkumulierten die Wurzeln etwas höhere Natriumgehalte als die anderen Pflanzenteile. Der Spross hatte in der Natriumakkumulation den geringsten Anteil. Der Natriumgehalt in der Trockensubstanz der Pflanzenteile stieg bei Klon M 21 mit zunehmender NaCl-Belastung proportional an. Dagegen war bei 'KS' nur ein proportionaler Anstieg bis 300 mM zu beobachten, bei 400 mM NaCl gab es bei 'KS' keinen Anstieg mehr. Bei einer Belastung von 100 mM NaCl akkumulierten die Pflanzenteile von Klon M 21 deutlich geringere Natriumgehalte als 'KS'. Dagegen akkumulierte bei 200 mM NaCl Klon M 21 etwas höhere Natriumgehalte als 'KS' (Tab. 34).

Tab. 34: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2002

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)					
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM	
Blätter	KS	0,043 a	1,13 b	1,31 bc	1,61 cd	1,89 d	
	M 21	0,16 a	0,333 a	1,46 b	1,11 ab	1,75 b	
Wurzel	KS	0,21 a	1,24 b	1,46 bc	1,81 c	1,81 c	
	M 21	0,323 a	0,753 b	1,66 c	1,6 c	2,37 d	
Spross	KS	0,05 a	0,393 a	0,57 a	1,10 b	1,66 c	
	M 21	0,05 a	0,34 a	1,03 bc	0,81 ab	1,61 d	
Sprossspitzen	KS	0,03 a	0,44 a	0,65 a	1,56 b	1,54 a	
	M 21	0,053 a	0,35 ab	0,98 abc	0,93 abc	1,66 c	
Wurzelhals	KS	0,14 a	0,81 b	1,05 bc	1,49 d	1,54 d	
	M 21	0,28 a	0,63 a	1,29 b	1,32 b	1,91 b	

Im Vergleich der Natriumgehalte in den Blättern existierten bei 100 mM zwischen den Klonen deutliche Unterschiede, mit ca. der 4-fachen Natriumakkumulation von 'KS' gegenüber Klon M 21. Bei allen Konzentrationen, mit Ausnahme von 200 mM NaCl, akkumulierten die Blätter 'KS' mehr Natrium als Klon M 21 (Abb. 64).

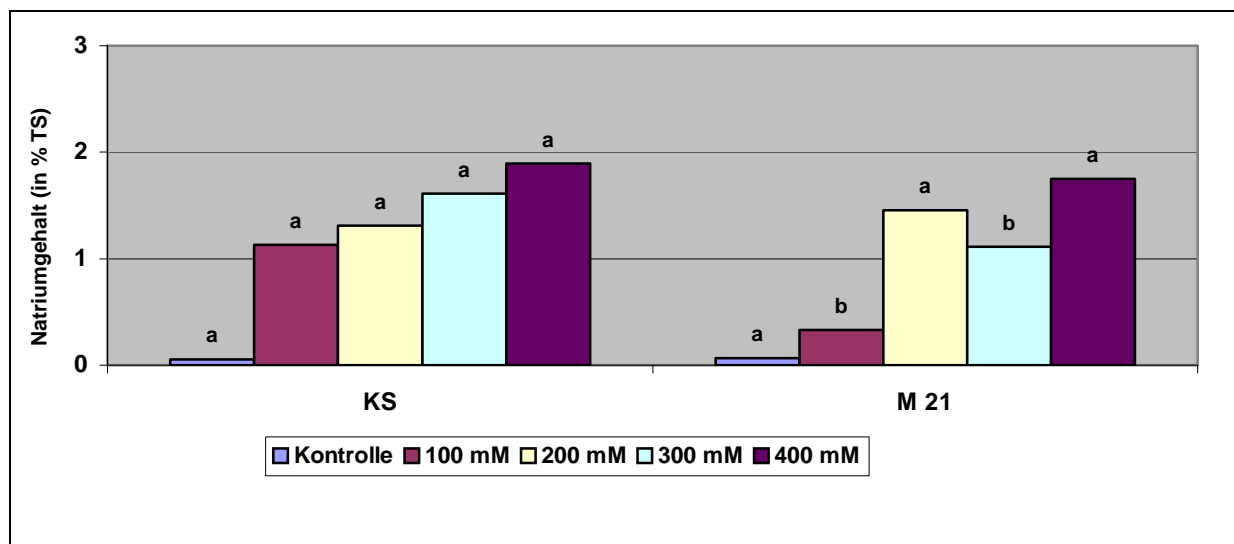


Abb. 64: Natriumgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2002

Wie schon die Blätter akkumulierten die Wurzeln der 'KS' bei 100 mM NaCl höhere Natriumgehalte in der Trockensubstanz als Klon M 21. In den Wurzeln der 'KS' stieg

die Natriumkonzentration nur noch sehr gering an. Im Gegensatz dazu nehmen die Werte bei Klon M 21, außer einer Stagnation bei 300 mM NaCl, deutlich zu (Abb. 65).

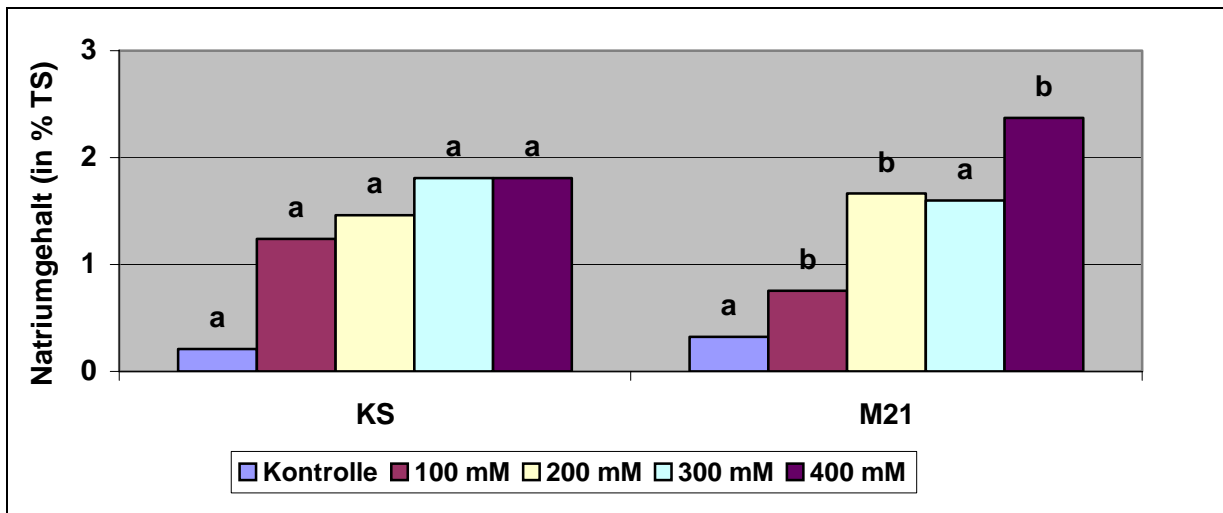


Abb. 65: Natriumgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2002

Die Natriumgehalte in den Sprossen beider Klone nahmen kontinuierlich mit steigender NaCl-Behandlung zu. Eine Ausnahme in der Zunahme des Natriumgehaltes zeigte sich nur bei Klon M 21, bei einer Konzentration vom 300 mM NaCl (Abb. 66).

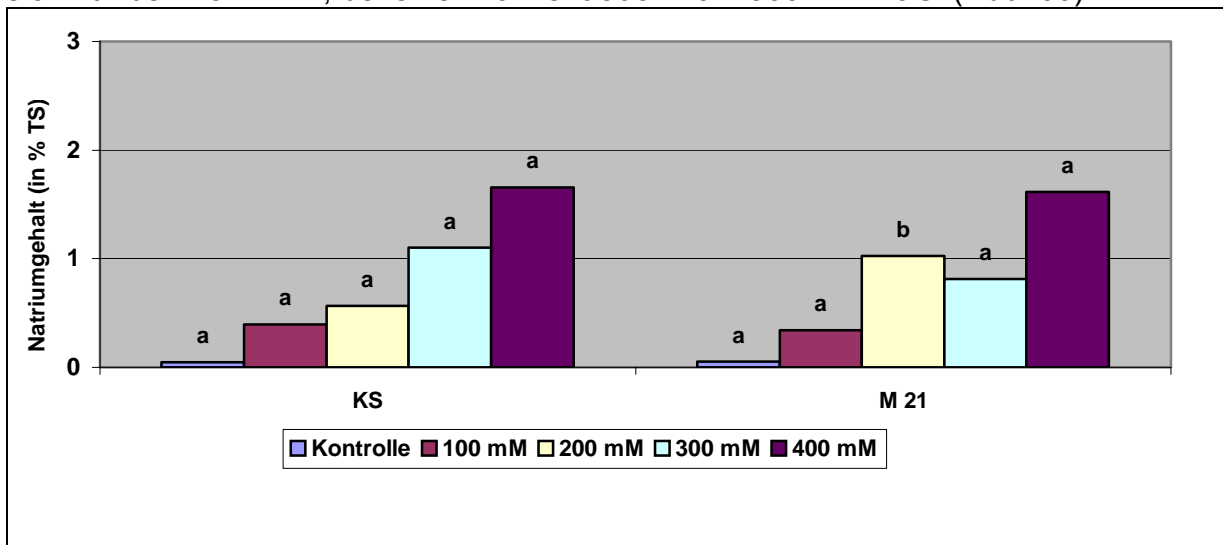


Abb. 66: Natriumgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2002

Natriumgehalt 2003

Im Versuchsjahr 2003 akkumulierten die Klone im Vergleich zu 2002 meist weniger Natrium in allen Pflanzenteilen. Die Natriumgehalte in der Trockensubstanz stiegen, mit Ausnahme der Blätter bei Dosierungen von 200 und 300 mM, mit zunehmender NaCl-Belastung in allen Pflanzenteilen proportional an. Im Vergleich zum Vorjahr 2002 fiel der Anstieg der Natriumkonzentration 2003 deutlich geringer aus. Eine höhere Natriumakkumulation in den Wurzeln und eine geringere in den Sprossen, wie im Versuch 2002, konnte nicht beobachtet werden (Tab. 35).

Tab. 35: Natriumgehalte in den Pflanzenteilen 2003

Pflanzen- teile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)			
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM
Blätter	M 21 (in vitro vermehrt)	0,063 a	0,633 b	1,101 c	0,983 d
	M 21 (Sämlinge)	0,03 a	1,113 b	1,86 cd	1,73 d
	KS (Sämlinge)	0,05 a	1,103 bcd	0,97 cd	0,98 de
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,07 a	0,063 ab	0,82 c	1,27 d
Wurzel	M 21 (in vitro vermehrt)	0,02 a	0,23 b	0,44 c	0,83 d
	M 21 (Sämlinge)	0,07 a	1,11 bc	0,963 cd	1,24 de
	KS (Sämlinge)	0,11 a	0,68 b	1,21 cd	1,14 de
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,09 a	0,06 b	0,53 bc	0,94 d
Spross	M 21 (in vitro vermehrt)	0,03 a	0,14 b	0,21 c	0,403 d
	M 21 (Sämlinge)	0,05 a	0,42 ab	0,96 ab	1,203 b
	KS (Sämlinge)	0,06 a	0,53 ab	1,16 bc	1,71 cd
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,03 a	0,15 a	0,273 ab	0,48 b
Spross- spitzen	M 21 (in vitro vermehrt)	0,047 a	0,17 a	0,37 b	0,57 c
	M 21 (Sämlinge)	0,023 a	0,50 abc	1,3 bc	1,673 b
	KS (Sämlinge)	0,037 a	0,42 b	1,04 cd	1,23 de
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,023 a	0,12 ab	0,33 c	0,54 d
Wurzelhals	M 21 (in vitro vermehrt)	0,027 a	0,18 bc	0,263 cd	0,37 de
	M 21 (Sämlinge)	0,067 a	0,54 b	0,82 cd	0,84 de
	KS (Sämlinge)	0,083 a	0,503 ab	0,84 bc	1,13 cd
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,023 a	0,203 ab	0,3 bc	0,51 d

Die 'KS' zeigt bei 100 mM den höchsten Natriumgehalt in den Blättern. Die abnehmenden Gehalte von 'KS' werden auf ein schnelleres Absterben dieser Blätter zurückgeführt. Im Vergleich der Natriumgehalte in den Blättern existieren zwischen den in vitro vermehrten Varianten von Klon M 21 nur geringe Unterschiede, dagegen ist die Natriumakkumulation der Sämlinge von Klon M 21 deutlich höher (Abb. 67).

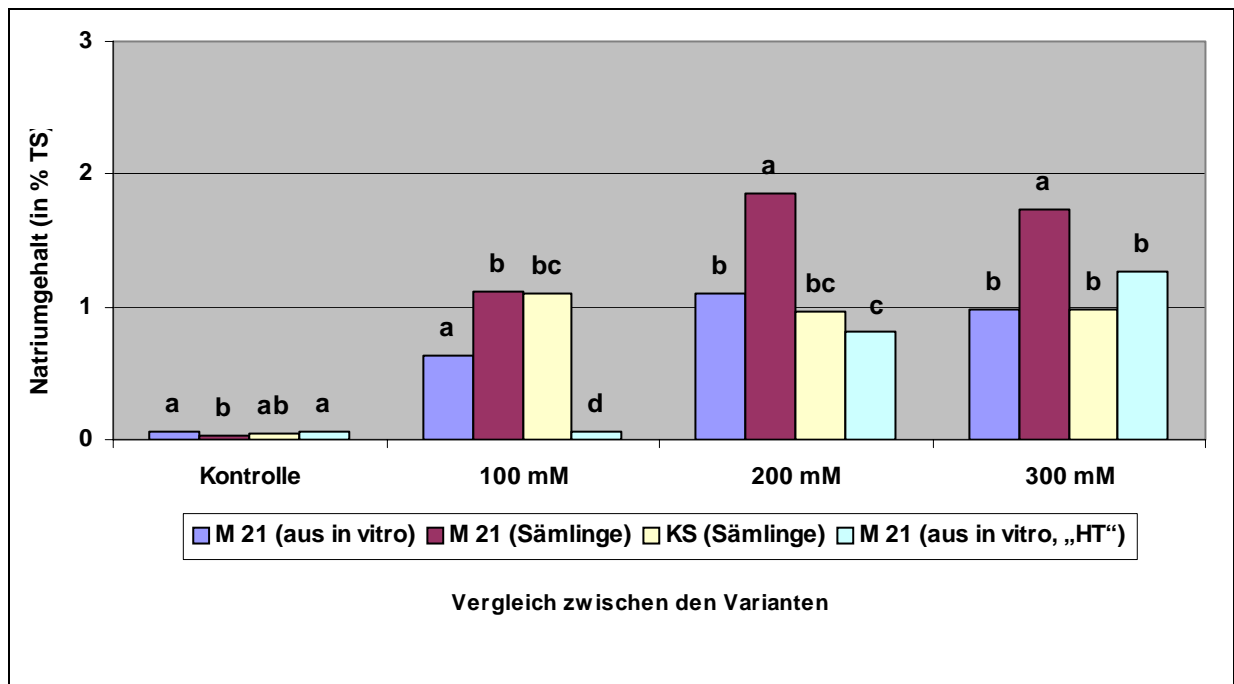


Abb. 67: Natriumgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2003

Die Wurzeln der in vitro vermehrten Pflanzen von Klon M 21 akkumulierten bei 100 und 200 mM NaCl signifikant weniger Natrium als die Sämlinge von Klon M 21 und 'KS'. Bei 300 mM NaCl setzte sich diese Tendenz fort (Abb. 68).

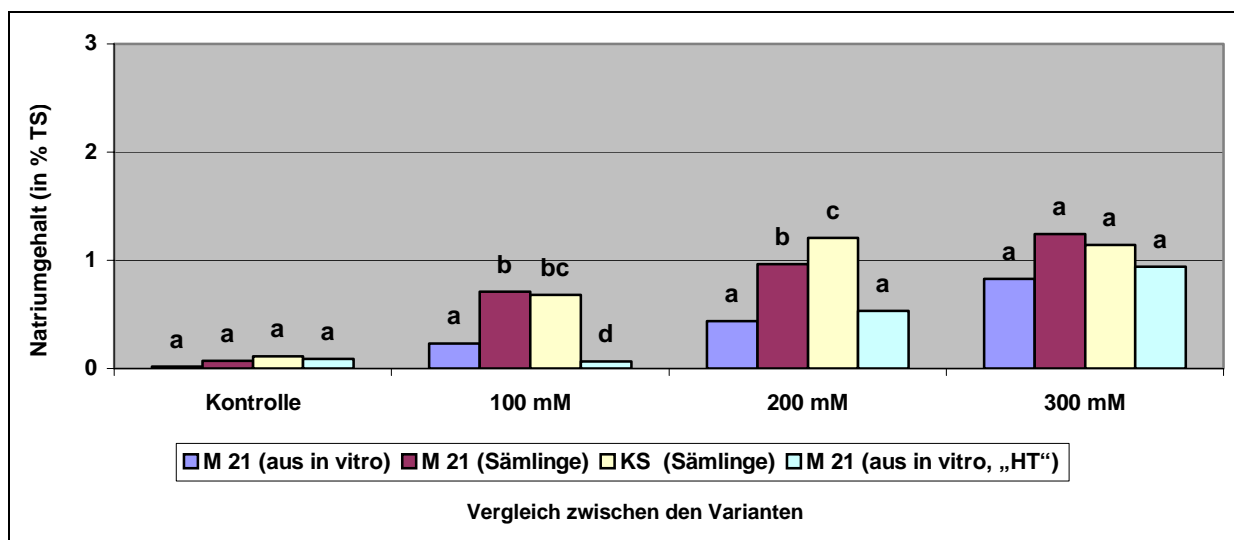


Abb. 68: Natriumgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2003

Wie schon die Wurzeln zeigten auch die Sprosse der in vitro vermehrten Pflanzen von Klon M 21 signifikant geringere Natriumkonzentrationen in der Trockensubstanz als die Sämlinge von Klon M21 und 'KS'. Die absolut höchsten Werte wies bei jeder NaCl-Belastung 'KS' auf (Abb. 69).

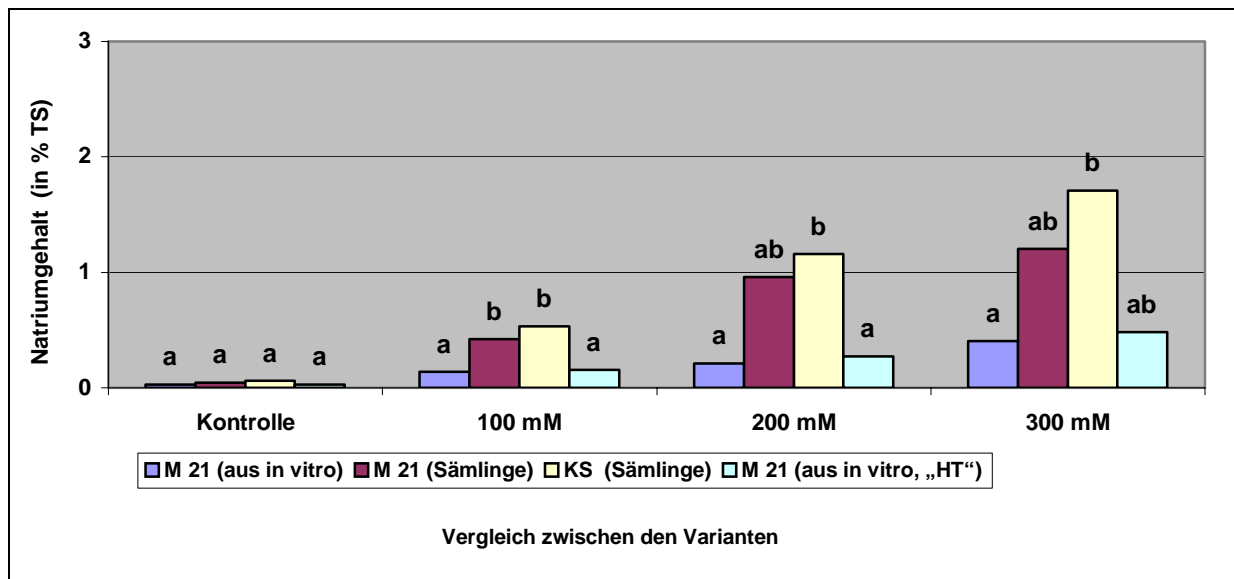


Abb. 69: Natriumgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2003

4.3.2.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen

Chloridgehalt 2001

Die 'KS' akkumulierte im Versuchsjahr 2001 in den Pflanzenteilen mehr Chlorid als Natrium. Der Chloridgehalt stieg bei der untersuchten 'KS' zwischen 100 und 200 mM NaCl sprunghaft an. Zwischen 200 und 400 mM NaCl fiel der Anstieg deutlich geringer aus, zwischen 400 und 600 mM NaCl war kein Anstieg mehr zu verzeichnen. 'KS' akkumulierte in den Blättern mehr Chlorid als in den anderen Pflanzenteilen (Tab. 36).

Tab. 36: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen von 'KS' in der Klimakammer 2001

Pflanzenteile	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
	Kontrolle	100 mM	200 mM	400 mM	600 mM
Blätter	0,182 a	1,30 b	3,67 cde	3,81 de	3,78 e
Wurzel	0,154 a	1,23 b	2,20 cd	2,64 e	2,26 d
Spross	0,317 a	0,56 b	1,297 c	3,19 d	2,85 e
Sprossspitzen	0,073 a	0,65 b	2,570 c	3,72 d	3,55 e
Wurzelhals	0,089 a	0,8 b	1,63 c	2,33 de	2,23 e

Chloridgehalt 2002

Im Versuchsjahr 2002 akkumulierten die Wurzeln beider Klone, mit Ausnahme der Blätter von 'KS' bei 400 mM NaCl, deutlich höhere Chloridgehalte als die anderen Pflanzenteile. Der Chloridgehalt in der Trockensubstanz der Pflanzenteile bei 'KS' stieg größtenteils mit zunehmender NaCl-Belastung proportional an. Dagegen war bei Klon M 21 nur ein proportionaler Anstieg bis 300 mM zu beobachten. Bei 400 mM NaCl gab es bei Klon M 21, mit Ausnahme der Wurzel, keinen Anstieg mehr. Bei einer Belastung von 100 mM NaCl akkumulierten die Pflanzenteile von Klon M 21 deutlich geringere Chloridgehalte als 'KS'. Dagegen akkumulierte bei 200 mM NaCl Klon M 21 etwas höhere Chloridgehalte als 'KS' (Tab. 37).

Tab. 37: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2002

Pflanzenteile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
		Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
Blätter	KS	0,054 a	2,27 bcd	2,33 cd	2,15 d	4,30 e
	M 21	0,067 a	0,973 ab	2,35 de	2,13 cd	1,87 bcd
Wurzel	KS	0,5 a	1,8 bc	2,26 c	3,513 de	4,05 e
	M 21	0,4 a	1,81 b	3,29 cd	3,47 d	4,54 e
Spross	KS	0,17 a	1,02 bc	1,234 c	1,93 d	3,08 e
	M 21	0,063 a	0,87 ab	1,52 bcde	1,99 cde	2,25 e
Sprossspitzen	KS	0,053 a	1,3 bcd	1,5 cd	2,29 de	3,17 e
	M 21	0 a	0,49 b	1,1 c	1,78 de	1,89 e
Wurzelhals	KS	0,36 a	1,41 bc	1,56 cd	2,44 e	1,92 d
	M 21	0,18 a	1,32 ab	2,95 e	2,60 cde	2,43 bcde

Der Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' nahm, mit Ausnahme von 300 mM NaCl mit steigender NaCl-Belastung zu. Im Gegensatz dazu akkumulierten die Pflanzen von Klon M 21 in den Blättern bei einer Belastung von 300 und 400 mM weniger Chlorid als bei 200 mM NaCl (Abb. 70).

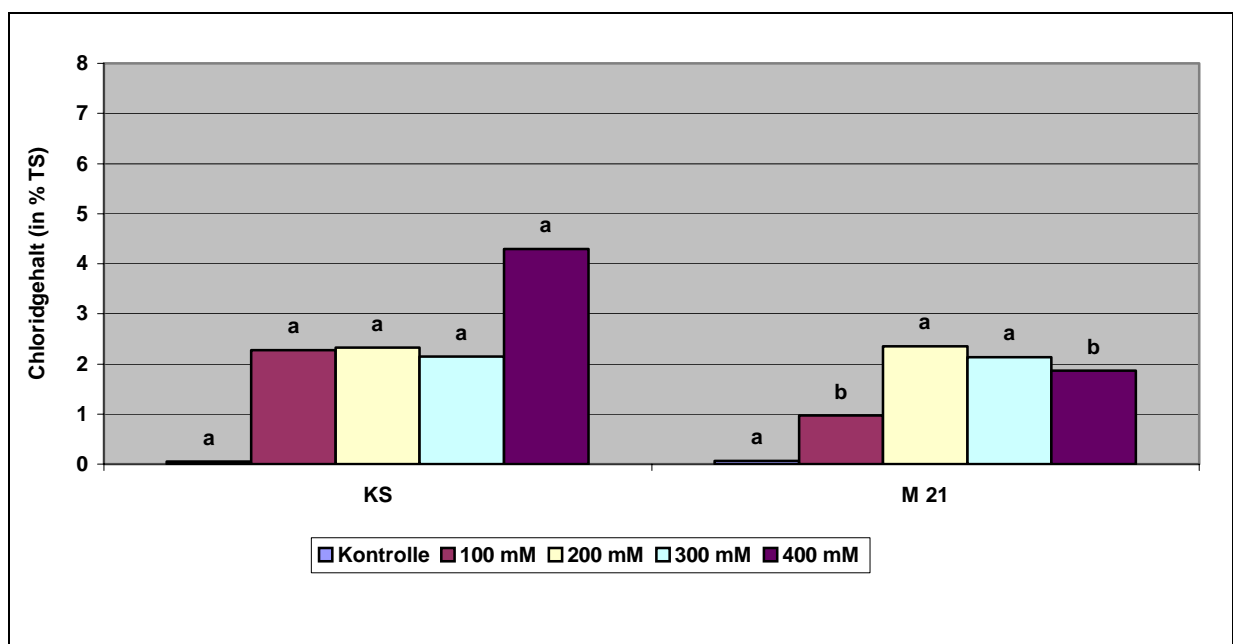


Abb. 70: Chloridgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2002

Der Chloridgehalt in den Wurzeln von 'KS' und M 21 stieg mit steigender NaCl-Belastung proportional an. Bis auf die höhere Chloridakkumulation von Klon M 21 gegenüber 'KS' bei 200 mM NaCl, existierten zwischen beiden Klonen keine signifikanten Unterschiede in der Chloridaufnahme (Abb. 71).

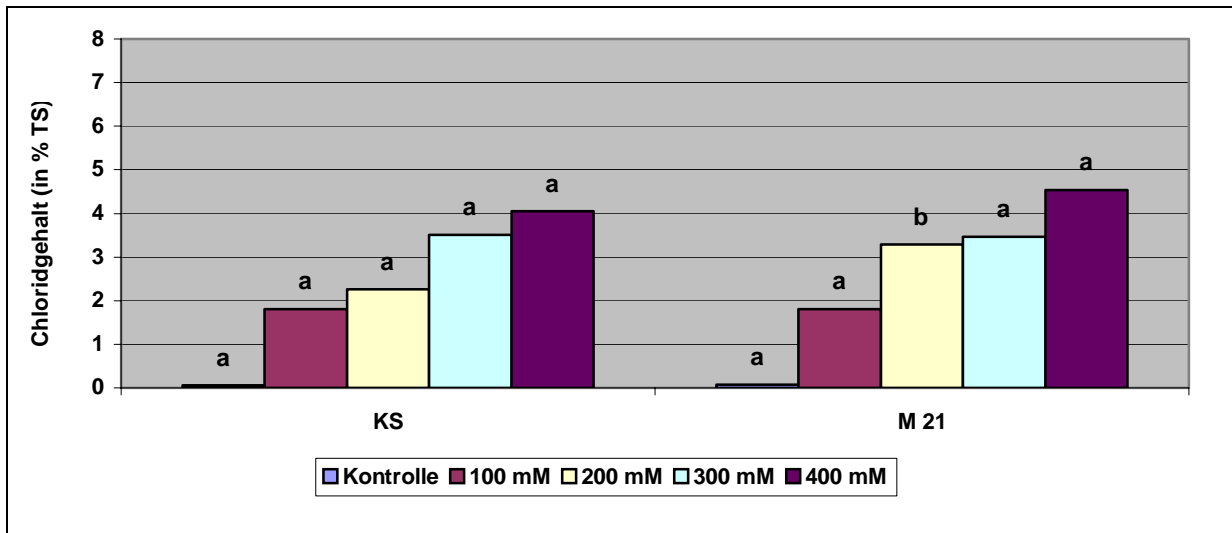


Abb. 71: Chloridgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2002

Der Chloridgehalt in den Sprossen von 'KS' und Klon M 21 nahm kontinuierlich mit steigender NaCl-Belastung zu. Bei 200 mM akkumulierte Klon M 21 mehr Chlorid in den Sprossen als 'KS'. Im Gegensatz dazu akkumulierte 'KS' bei 400 mM NaCl mehr Chlorid in den Sprossen als Klon M 21 (Abb. 72).

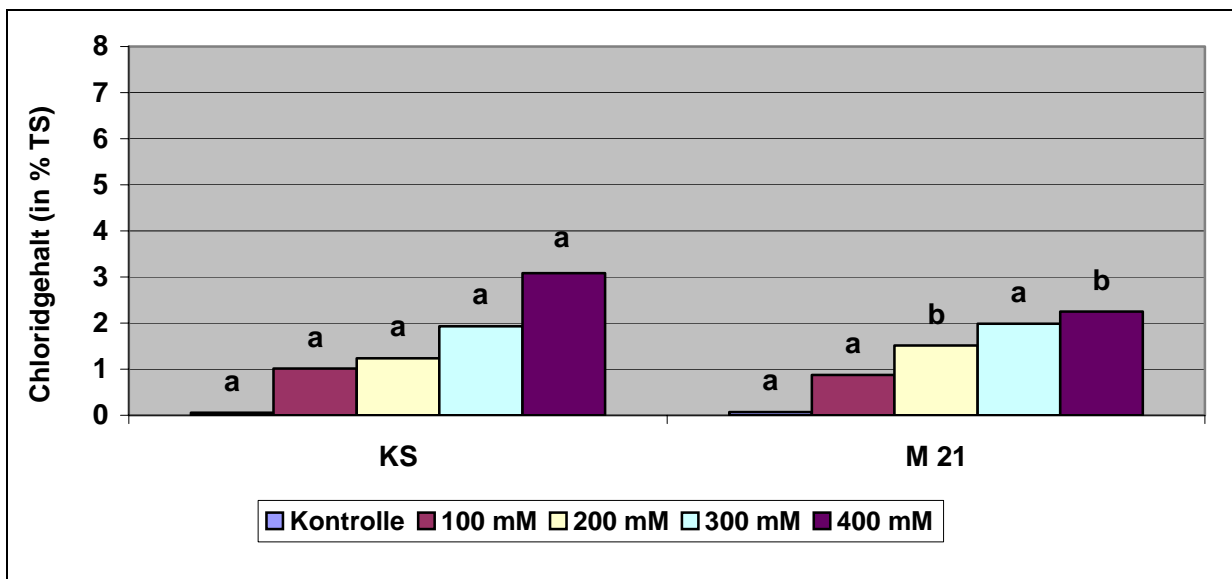


Abb. 72: Chloridgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2002

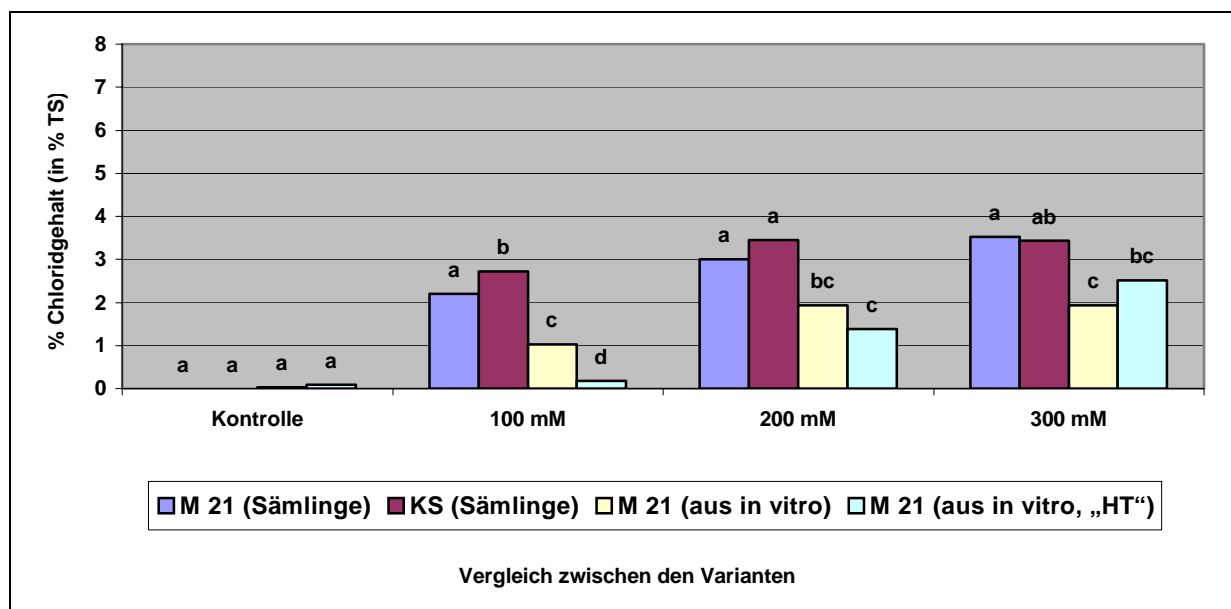
Chloridgehalt 2003

Im Versuchsjahr 2003 stiegen die Chloridgehalte in der Trockensubstanz, mit Ausnahme der Blätter bei Dosierungen von 200 und 300mM, mit zunehmender NaCl-Belastung in allen Pflanzenteilen proportional an. Die höchste Chloridakkumulation fand in den Blättern statt (Tab.38).

Tab. 38: Chloridgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2003

Pflanzen- teile	Klone	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)							
		Kontrolle		100 mM		200 mM		300 mM	
Blätter	M 21 (Sämlinge)	0	a	2,2	b	3,01	cd	3,53	d
	KS (Sämlinge)	0	a	2,72	b	3,45	cd	3,44	d
	M 21 (in vitro vermehrt)	0,037	a	1,02	b	1,94	cd	1,94	d
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,083	a	0,18	ab	1,38	c	2,52	d
Wurzel	M 21 (Sämlinge)	0	a	1,51	b	1,74	bc	2,19	c
	KS (Sämlinge)	0,11	a	1,12	b	1,54	bc	2,15	d
	M 21 (in vitro vermehrt)	0	a	0,74	b	1,38	c	1,86	d
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,087	a	1,19	bc	1,38	cd	2,54	d
Spross	M 21 (Sämlinge)	0,06	a	0,85	abc	1,77	bcd	2,2	cd
	KS (Sämlinge)	0,15	abc	1,06	bc	1,89	cde	3,45	e
	M 21 (in vitro vermehrt)	0	a	0,45	bc	0,62	cd	0,94	d
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,03	abc	0,42	bc	0,67	cd	1,92	e
Spross- spitzen	M 21 (Sämlinge)	0	a	1,05	abc	2,84	bc	2,85	c
	KS (Sämlinge)	0	a	1,14	abc	3,14	bc	2,37	c
	M 21 (in vitro vermehrt)	0,08	a	0,38	ab	0,65	bc	1,59	d
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0	a	0,19	ab	0,97	c	1,69	d
Wurzelhals	M 21 (Sämlinge)	0,043	a	1,18	b	1,74	cd	2,01	d
	KS (Sämlinge)	0,097	a	0,86	b	1,38	cd	1,48	d
	M 21 (in vitro vermehrt)	0	a	0,553	bc	0,664	cd	0,94	d
	M 21 (in vitro vermehrt, HT ⁺)	0,07	a	0,61	bc	0,81	cd	1,08	d

Die Blätter der in vitro vermehrten Pflanzen von Klon M 21 akkumulierten in allen NaCl-Konzentrationen deutlich signifikant weniger Chlorid als die Sämlinge von Klon M 21 und von 'KS' (Abb. 73).

**Abb. 73: Chloridgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2003**

Im Gegensatz zur unterschiedlichen Chloridakkumulation der Blätter zeigten die Wurzeln der in vitro vermehrten Pflanzen keine signifikanten Unterschiede gegenüber den Sämlingen von Klon M 21 und von 'KS' (Abb. 74).

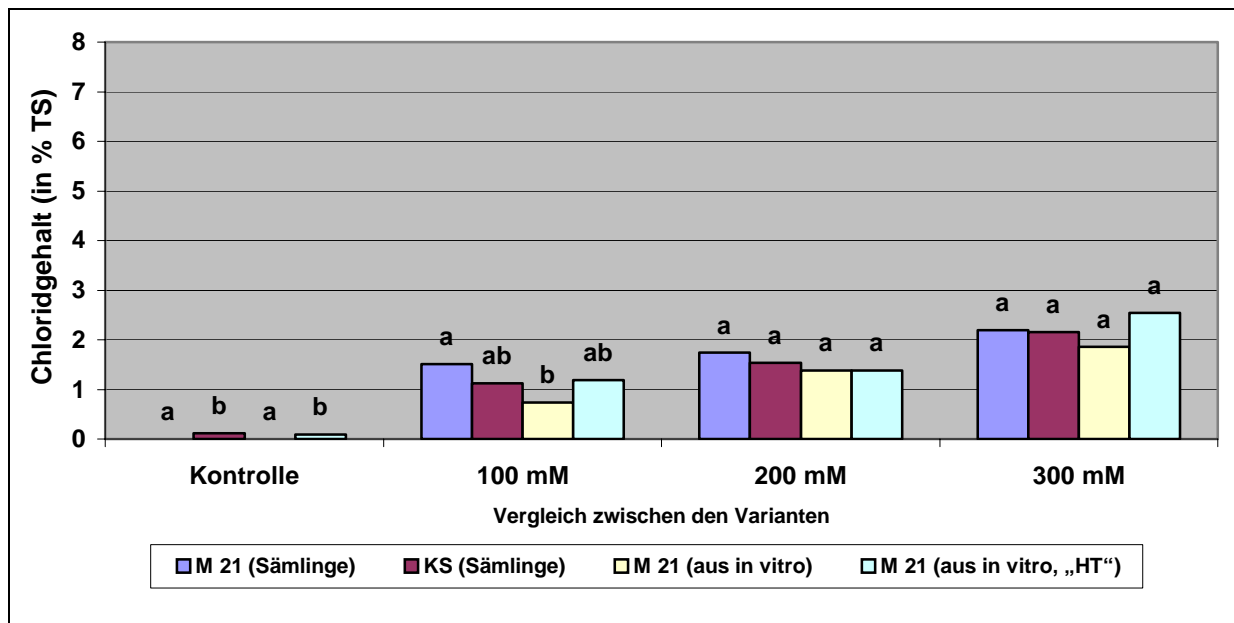


Abb. 74: Chloridgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2003

Wie die Blätter akkumulierten die Sprosse der in vitro vermehrten Pflanzen von Klon M 21 deutlich weniger Chlorid in der Trockensubstanz als die Sämlinge von Klon M 21 und von 'KS'. Der höchste Chloridgehalt war in den Sprossen von 'KS' bei jeder Konzentration vorhanden (Abb. 75).

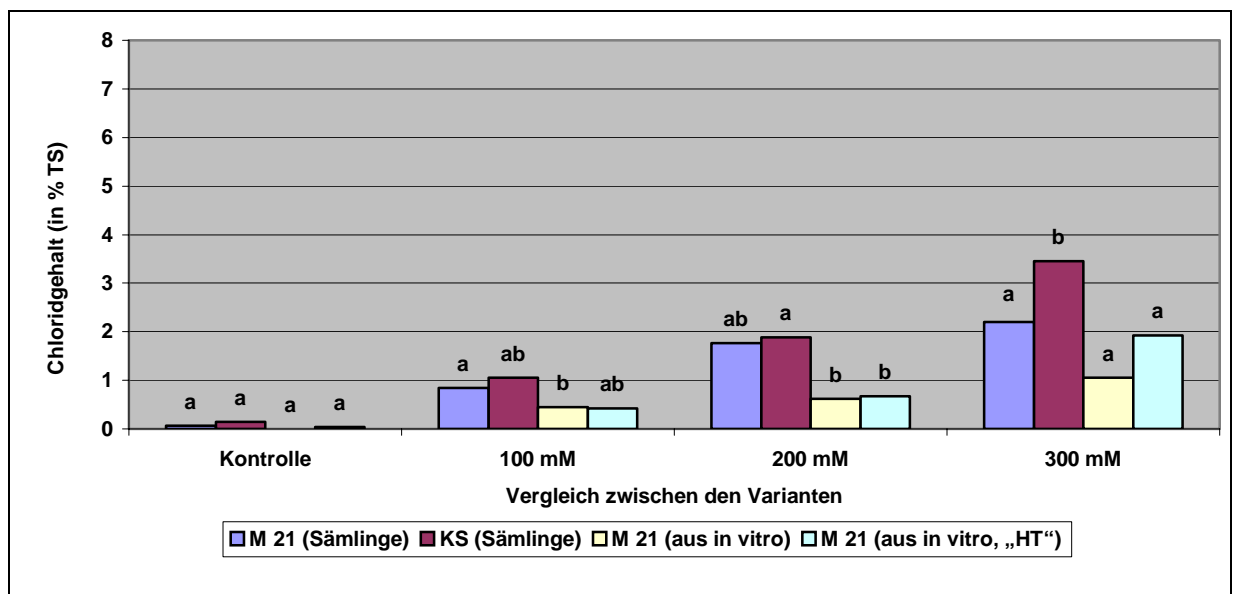


Abb. 75: Chloridgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2003

4.3.3 Vergleich der Ergebnisse zwischen 'KS' und Klon M 21 im Gewächshaus und in der Klimakammer

4.3.3.1 Blattschädigungen

Im Vergleich der Gefäßversuche zwischen 'KS' und Klon M 21 schwankten die Anteile abgestorbener Blätter bei einer Belastung von 100 mM NaCl bei 'KS' von 6 bis 46,64% und bei Klon M 21 von 0 bis 24,4%. Bei dieser Konzentration zeigten die Versuche in der Klimakammer Spitzenwerte bei beiden Klonen. Wie schon bei 100 mM NaCl wies 'KS' gegenüber Klon M 21 bei einer Belastung von 200 mM den höheren

Anteil abgestorbener Blätter auf. Bei 'KS' schwankten die Werte von 27,67 bis 95,33%, wobei der Spitzenwert im Gewächshaus erreicht wird. Dem gegenüber lag die Schwankungsbreite bei Klon M 21 zwischen 16 und 78,3%. Der höchste Wert wurde hier in der Klimakammer erreicht. Bei der Konzentration von 200 mM NaCl wurde der kritische Schwellenwert von 50% abgestorbener Blätter bei 'KS', bis auf den Klimakammerversuch 2001, jeweils immer überschritten. Der Klon M 21 überschritt diesen Schwellenwert in den Versuchen 2001 und 2002 nur einmal knapp mit 50,34%. Bei den Versuchen 2003 lag jedoch nur die in vitro vermehrte Variante mit erhöhter Temperatur mit 42,9% unter dem Schwellenwert. Bei 300 und 400mM wiesen die Pflanzen von 'KS' gegenüber Klon M 21 grundsätzlich einen höheren Anteil abgestorbener Blätter auf, wobei bei diesen Konzentrationen die Letalitätsgrenze von über 75% abgestorbener Blätter bei 'KS' grundsätzlich erreicht wurde. Dagegen blieben die prozentualen Anteile abgestorbener Blätter bei Klon M21 bei 300mM im Jahr 2002 im Klimakammerversuch mit 70,32% und bei 400mM im Jahr 2001 im Gewächshaus mit 36,5% unter dieser Letalitätsgrenze (Tab. 39).

Tab. 39: Anteil abgestorbener Blätter von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0 a	16,3 b	27,67 c		84,67 d
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0 a	6 a	59 b		96 c
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0 a	46,64 b	61,34 bc	95,34 d	96,66 d
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0 a	26,14 b	95,33 c	100 c	100 c
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0 a	28,3 b	88 cd	93,3 d	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0 a	15 ab	51,9 c	95,3 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0 a	0 a	16 a		36,5 b
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0 a	10 a	39,99 b	70,32 c	88,32 c
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0 a	13,54 a	50,34 b	98,66 c	100 c
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0 a	24,4 b	59,1 cd	79,55 d	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0 a	19,3 b	78,3 cd	89 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0 a	6,2 ab	42,9 c	84,7 d	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0 a	15,93 a	55 b	86 c	

4.3.3.2 Triebzuwachs

Die beiden untersuchten Klone zeigten in der Abnahme des Triebzuwachses gegenüber der Kontrolle zwischen den Versuchsjahren sehr große Unterschiede. Mit steigender NaCl-Belastung reduzierten sich grundsätzlich bei 'KS' und Klon M 21 die Triebblängen. Im Vergleich der Versuche in der Klimakammer und im Gewächshaus war die Reduzierung des Triebwachstums in den jeweiligen Versuchsjahren im Gewächshaus bei beiden Klonen deutlich geringer ausgeprägt. Große Unterschiede existierten auch in den absoluten Triebzuwächsen der Klone zwischen den Versuchsjahren (Tab 40).

Tab. 40: Abnahme des Triebzuwachses von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
			Zuwachs in cm (100%)	Abnahme des Zuwachses im Vergleich zur Kontrolle (in %)			
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	38,66	18,6	60		82,7
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	31,12	32,3	43,8		48,6
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	12,7	33	69,3	78,7	79,5
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	8,26	15,5	35,6	34,6	60
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	26,4	77	80,3	90	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	4,87	30,2	53,4	66	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	29,34	25,4	40,2		46
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	23,59	46,6	71,2	97,7	81,3
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	15,3	14,7	43,6	43,4	46
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	12,53	22,35	64,3	62,2	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	8,82	62,9	89,4	94,3	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	8,33	84,4	94,3	99	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	10,13	19	63	66,1	

4.3.3.3 Natriumgehalt in den Pflanzenteilen

Natriumgehalt in den Blättern

Die Zugabe von NaCl führte sowohl in der Klimakammer als auch im Gewächshaus zu einer deutlichen Erhöhung des Natriumgehaltes in den Blättern. Vergleichende Untersuchungen zeigten bei Blättern aus den Klimakammerversuchen tendentiell etwas höhere Natriumgehalte in der Trockensubstanz. Der absolut höchste Natriumgehalt in den Blättern wurde im Gewächshausversuch 2001 bei 400 mM von 'KS' mit 2,24% erreicht. Klon M 21 erreichte im Klimakammerversuch 2003 schon bei 200 mM seinen höchsten Natriumgehalt. Die Ergebnisse zwischen den Jahren schwankten sehr. So lagen z.B. bei 100 mM bei 'KS' die Werte zwischen 0,41 und 1,13%, bei Klon M 21 zwischen 0,063 und 1,113% (Tab. 41).

Tab. 41: Natriumgehalt in den Blättern von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,073 a	0,657 b	1,123 c		1,187 c
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,01	0,41	0,94		2,24
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,043 a	1,13 b	1,313 bc	1,613 cd	1,893 d
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,01 a	1,07 b	1,6 cde	1,38 de	1,51 e
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,05 a	1,10 bcd	0,97 cd	0,98 de	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0,02 a	0,54 b	0,943 cd	1,187 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,01	0,16	0,51		1,39
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,16 a	0,33 a	1,46 b	1,11 ab	1,75 b
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,03 a	0,87 b	0,92 bc	1,76 de	1,66 e
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,03 a	1,113 b	1,86 cd	1,73 d	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0,063 a	0,633 b	1,101 c	0,983 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,07 a	0,063ab	0,82 c	1,27 d	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0,027 a	0,623 b	0,97 cd	1,02 d	

Natriumgehalt in den Wurzeln

Im Vergleich der Versuche von 'KS' und Klon M 21 wurden in den Wurzeln der Pflanzen der Klimakammerversuche größtenteils deutlich höhere Natriumkonzentrationen in der Trockensubstanz bei allen NaCl-Dosierungen gemessen. Gleichzeitig zeigten die Pflanzen beider Klone aus der In-vitro-Vermehrung deutlich geringere Natriumkonzentrationen im Vergleich zu den Sämlingen am jeweiligen Standort. Die geringere Natriumakkumulation der in vitro vermehrten Pflanzen könnte die Ursache in einem weniger ausgeprägten Wurzelsystem gegenüber den Sämlingen haben. Der absolut höchste Natriumgehalt in den Wurzeln wurde im Klimakammerversuch 2002 bei 400 mM von Klon M 21 mit 2,373% festgestellt. 'KS' erreichte im Klimakammerversuch 2002 bei 300 und 400 mM seinen höchsten Natriumgehalt mit 1,807%. Die Ergebnisse zwischen den Jahren unterlagen, wie schon bei den Blättern, einer sehr großen Schwankung. So bewegten sich z.B. bei 100 mM bei 'KS' die Werte zwischen 0,24 und 1,24%, sowie bei Klon M 21 zwischen 0,06 und 1,11% (Tab. 42).

Tab. 42: Natriumgehalt in den Wurzeln von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,11 a	0,333 b	0,59 c		0,97 d
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,04	0,38	0,65		1,78
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,21 a	1,24 b	1,46 bcd	1,807 cd	1,807 d
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,067 a	0,413ab	0,83 bcd	1,22 de	1,39 e
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,11 a	0,68 b	1,21 cd	1,14 de	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0,02 a	0,24 b	0,32 c	0,43 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,04	0,18	0,43		1,42
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,323 a	0,753 b	1,663 c	1,597 c	2,373 d
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,08 a	0,753 b	0,77 bc	1,42 cde	1,763 e
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,07 a	1,11 bc	0,963 cd	1,24 de	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0,02 a	0,23 b	0,44 c	0,83 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,09 a	0,06 b	0,53 bc	0,94 d	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0,04 a	0,243 b	0,393 cd	0,493 d	

Natriumgehalt in den Sprossen

Im Vergleich zu den Blättern und Wurzeln zeigten die Sprosse beider Klone sowohl im Gewächshaus als auch in der Klimakammer deutlich niedrigere Natriumgehalte in der Trockensubstanz. Wie schon bei den Wurzeln war die Natriumakkumulation der Klimakammerpflanzen von 'KS' und Klon M 21 bedeutend höher als bei den Gewächshauspflanzen. Der Spitzenwert der Natriumakkumulation wurde jeweils im Klimakammerversuch 2002 von 'KS' mit 1,657% und von Klon M 21 mit 1,613% erreicht. Die Ergebnisse zwischen den Jahren wiesen wiederum eine große Schwankungsbreite auf. Bei z.B. 200 mM NaCl variierten die Werte bei 'KS' zwischen 0,237 und 1,16% und bei Klon M 21 zwischen 0,207% und 1,03% (Tab. 43).

Tab. 43: Natriumgehalt in den Sprossen von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,06 a	0,153 a	0,557 b		1,4 c
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,02	0,13	0,26		1,05
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,047 a	0,393 b	0,567 bc	1,103 d	1,657 e
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,04 a	0,177 ab	0,373 bc	0,577 cd	0,983 e
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,06 a	0,53 ab	1,16 bc	1,71 cd	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0,01 a	0,127 ab	0,237 bc	0,47 d	
M 21(Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0,02	0,06	0,21		0,85
M 21(Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,053 a	0,34 a	1,03 bc	0,813ab	1,613 d
M 21(Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,023 ab	0,3 abcd	0,51 bcd	0,89 de	1,23 e
M 21(Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,05 a	0,42 ab	0,96 ab	1,203 b	
M 21(aus in vitro)	2003	Klimakammer	0,03 a	0,14 b	0,21 c	0,403 d	
M 21(aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,03 a	0,15 a	0,273 ab	0,48 b	
M 21(Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0,027 a	0,117 a	0,207 a	0,623 b	

4.3.3.4 Chloridgehalt in den Pflanzenteilen

Chloridgehalt in den Blättern

Mit steigender NaCl-Konzentration erhöhte sich sowohl in der Klimakammer als auch im Gewächshaus der Chloridgehalt in den Blättern deutlich. Im Vergleich der Untersuchungen zeigten die Blätter aus den Gewächshausversuchen bei den höheren Konzentrationen von 300 und 400 mM NaCl meist höhere Chloridgehalte in der Trockensubstanz als die Blätter der Klimakammerpflanzen. Der absolut höchste Chloridgehalt in den Blättern wurde im Gewächshausversuch 2001 bei 400 mM von 'KS' mit 5,6% und Klon M 21 mit 4,56% erreicht. In der Tendenz akkumulierten die Blätter von 'KS' mehr Chlorid als Klon M 21. Die Ergebnisse der verschiedenen Jahre sind sehr großen Schwankungen unterworfen. So lagen z.B. bei 100 mM bei 'KS' die Werte zwischen 0,91 und 2,72%, bei Klon M 21 zwischen 0,18 und 2,2% (Tab. 44).

Tab. 44: Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,182 a	1,3 b	3,67 cde		3,81 de
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	1,98	3,48		5,6
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,054 a	2,27 bcd	2,33 cd	2,15 d	4,3 e
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,065 a	1,84 b	2,88 cde	3,06 e	3 de
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0 a	2,72 b	3,45 cd	3,44 d	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0 a	0,91 ab	2,46 cd	3,58 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	0,48	2,04		4,56
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,067 a	0,973 ab	2,35 de	2,13 cd	1,87 bcd
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,06 a	1,12 b	1,83 c	3 de	2,9 e
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0 a	2,2 b	3,01 cd	3,53 d	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0,037 a	1,02 b	1,94 cd	1,94 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,083 a	0,18 ab	1,38 c	2,52 d	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0,11 a	1,44 b	2,66 c	2,66 c	

Chloridgehalt in den Wurzeln

Im Vergleich der Versuche von 'KS' und Klon M 21 hatten die Wurzeln der Pflanzen der Klimakammerversuche gegenüber den Gewächshausversuchen neben einer höheren Natriumakkumulation auch höhere Chloridkonzentrationen in der Trockensubstanz bei allen NaCl-Dosierungen. Der absolut höchste Chloridgehalt in den Wurzeln wurde im Klimakammerversuch 2002 bei 400 mM von Klon M 21 mit 4,54% und von 'KS' mit 4,053% erreicht. Die Ergebnisse in den Blättern schwankten geringfügig. So lagen z.B. bei 100 mM bei 'KS' die Werte zwischen 1,0 und 1,8%, bei Klon M 21 zwischen 0,34 und 1,81% (Tab. 45).

Tab. 45: Chloridgehalt in den Wurzeln von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,154 a	1,23 b	2,2 cd		2,64 e
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	1,0	1,0		3,36
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,5 a	1,8 bc	2,26 c	3,513de	4,053 e
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,13 a	1,383 b	2,07 c	2,98 de	3,063 e
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,11 a	1,12 b	1,54 bc	2,15 d	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0 a	1,04 bc	1,47 cd	2,07 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	0,34	1,52		3,04
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,4 a	1,81 b	3,29 cd	3,47 d	4,54 e
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,059 a	1,37 b	2,08 c	2,89 de	3,413 e
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0 a	1,51 b	1,74 bc	2,19 c	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0 a	0,74 b	1,38 c	1,86 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,087 a	1,19 bc	1,38 cd	2,54 d	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0 a	1,56 bcd	1,56 cd	1,83 d	

Chloridgehalt in den Sprossen

Im Vergleich mit den Blättern und Wurzeln zeigten die Sprosse beider Klone sowohl im Gewächshaus als auch in der Klimakammer neben niedrigeren Natriumgehalten gleichfalls deutlich niedrigere Chloridgehalte in der Trockensubstanz. Die Chloridakkumulation der Klimakammerpflanzen von 'KS' und Klon M 21 war bedeutend höher als die Akkumulation bei den Gewächshauspflanzen. Der absolut höchste Chloridgehalt in den Sprossen wurde im Klimakammerversuch 2001 bei 400 mM von 'KS' mit 3,19% erreicht. Klon M 21 wies im Gewächshausversuch 2001 bei 400 mM NaCl seinen höchsten Chloridgehalt mit 2,34% auf. Bei den Ergebnissen der Werte der Chloridakkumulation liegen geringere Schwankungen vor als bei den Ergebnissen der Natriumakkumulation. Bei z.B. 100 mM NaCl schwankten die Werte bei 'KS' zwischen 0,56 und 1,06% und bei Klon M 21 zwischen 0,14% und 0,87% (Tab. 46).

Tab. 46: Chloridgehalt in den Sprossen von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus

Klon / Variante	Jahr	Standort	NaCl-Behandlung (Vergleich zwischen den Behandlungsstufen)				
			Kontrolle	100 mM	200 mM	300 mM	400 mM
'KS' (Sämlinge)	2001	Klimakammer	0,317 a	0,56 b	1,297 c		3,19 d
'KS' (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	0,72	0,8		2,34
'KS' (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,17 a	1,02 bc	1,234 c	1,93 d	3,08 e
'KS' (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0,053 a	0,64 b	1,42 cd	1,46 d	2,013 e
'KS' (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,15 abc	1,06 bc	1,89 cde	3,45 e	
'KS' (aus in vitro)	2003	Gewächshaus	0 a	0,71 b	1,19 c	1,55 d	
M 21 (Sämlinge)	2001	Gewächshaus	0	0,14	0,58		2,34
M 21 (Sämlinge)	2002	Klimakammer	0,063 a	0,87 ab	1,5 bcde	1,99 cde	2,25 e
M 21 (Sämlinge)	2002	Gewächshaus	0 a	0,663 b	1,22 bc	1,973 de	2,19 e
M 21 (Sämlinge)	2003	Klimakammer	0,06 a	0,85 abc	1,77 bcd	2,2 cd	
M 21 (aus in vitro)	2003	Klimakammer	0 a	0,45 bc	0,62 cd	0,94 d	
M 21 (aus in vitro, HT)	2003	Klimakammer	0,033 abc	0,42 bc	0,67 cd	1,92 e	
M 21 (Sämlinge)	2003	Gewächshaus	0 a	0,65 b	0,87 bc	1,45 d	

4.4 Morphologische und genetische Untersuchungen zur Charakterisierung der selektierten adulten *Pyrus*-Wildformen

4.4.1 Morphologische Untersuchungen

Seit dem mittleren Neolithikum sind die Hochflächen der ostbrandenburgischen Platte vom Menschen ackerbaulich genutzte und geprägte Kulturlandschaft (SCHATZ 2000). Die historischen Karten zeigen zwischen Ruhlsdorf und Bollersdorf eine relativ hohe Dichte unbefestigter Feldwege und Heckenstrukturen.

Die Anpflanzung von Obstgehölzen ist wahrscheinlich, zumal der Obstanbau seit 1765 durch Friedrich den Großen gefördert wurde. Bis zum Jahr 1750 wurden 250.000 bis 300.000 Obstbäume gepflanzt, Ende 18. Jahrhunderts waren es bereits 500.000 Bäume (FEUERHAHN 2000).

Als standortangepasste Samenspender für Unterlagen nutzte man Wildbirnen (*Pyrus pyrastra*) und starkwachsende Wirtschaftssorten (SCHWÄRZEL 2000). Die linienförmige Struktur der Feldgehölze und die Stellung der Bäume in Reihe sprechen für eine Anpflanzung. Bei den untersuchten Bäumen könnte es sich um Lokalsorten, alte allgemein im norddeutschen Streuobstbau verwendete Sorten oder freigewordene Unterlagen, also um Wirtschaftssorten oder Wildbirnen (*Pyrus pyrastra*) handeln.

Die untersuchten *Pyrus*-Exemplare wachsen in einem der niederschlagsärmsten Gebiete Deutschlands, was sie aufgrund ihres Tiefwurzelsystems und des lehmigen

Unterbodens tolerieren müssten. Am Standort sind sie durch Abdrift dem Dünger- und Pflanzenschutzmitteleintrag durch unmittelbar angrenzende Äcker ausgesetzt. Die gemessenen niedrigen pH-Werte entsprechen nicht dem Standortoptimum von *Pyrus*, welches eher im leicht alkalischen Bereich liegt. Da die Exemplare die Hecken überschirmen, ist das Lichtangebot für die adulten Bäume ihren hohen Lichtansprüchen bestens angepasst. Im Heckeninneren herrschen entweder sehr schattige Verhältnisse vor oder eine starke Konkurrenz durch Gräser. Diese Bedingungen sind für eine Naturverjüngung der Bimen ungünstig.

Viele Einstämmige Exemplare mit Durchmesser > 0,6 m, wie sie hauptsächlich in dem untersuchten Heckensystem vorkommen, weisen auf eine Pflege der Bäume, wie z.B. entfernen unter Äste, hin.

Die wichtigsten morphologischen Merkmale der ausgewählten adulten *Pyrus*-Klone sind in Tabelle 47 zusammengefasst. Klon M 21 hat sehr kleine Blätter mit einer durchschnittlichen Spreitenlänge von 3,8 cm. relativ große Blätter Klon M 10 mit 6,8 cm Spreitenlänge.

Tab. 47: Morphologische Merkmale der selektierten *Pyrus*-Wildformen

Merkmal/Klon	M 1	M 10	M 10 links	M 17	M 19	M 21
Dornigkeit der Zweige	ohne Dornen	ohne Dornen	ohne Dornen	ohne Dornen	ohne Dornen	an den Spitzen der Langtriebe, vereinzelt an Kurztrieben
Blattbehaarung	schwach behaart	dicht weißfilzig	dicht weißfilzig	schwach behaart	dicht weißfilzig	unbehaart
Blattform	eiförmig	eiförmig	eiförmig	rundlich	eiförmig-elliptisch	eiförmig-elliptisch
Spreitenlänge (in cm)	5,1	6,8	6,2	5,1	6,2	3,8
Spreitenbreite (in cm)	4,2	5,2	4,3	4,0	4,5	3,0
Spreitenlänge/Spreitenbreite	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3
Blattstiellänge/Spreitenlänge	0,52	0,6	0,55	0,65	0,72	0,58
Fruchtform	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	apfelförmig, flachkugelig	kurzbirnenförmig	apfelförmig, flachkugelig
Fruchthöhe (in cm)	3,9	5,3	5,4	2,2	3,6	2,0
Fruchthöhe/Fruchtbreite	>1	>1	>1	≤1	≤1	≤1
Fruchtstiellänge/Fruchthöhe	≤0,5	≤0,5	>0,5≤0,8	>1,2	>0,5≤0,8	>0,8≤1,2
Fruchtstiellänge (in mm)	>2<3	>3	>2<3	≤2	>2<3	≤2
Samenlänge (in mm)	>7≤8	>8≤9	>7≤8	>6≤7	>7≤8	≤6
Geschmack	sauer	aromatisch süß	aromatisch süß	fade bis herb	herb säuerlich	herb säuerlich
Steinzellen	breiter Steinzellenring	kaum Steinzellenausbildung	kaum Steinzellenausbildung	schmäler Steinzellenring	dicke Steinzellenklumpen	schmäler Steinzellenring
Reifezeit	Ende August	Anfang Oktober	Mitte August	Ende August	Ende August	Mitte September

Die kleinsten Früchte wurden bei den Klonen M 21 und M 17, mit Fruchthöhen von 2,0 bzw. 2,2 cm beobachtet. Dagegen waren die Früchte von Klon M 10 und M 10 links mit Fruchthöhen von 5,3 und 5,4 cm relativ groß. Dieses Merkmal hatte die größte

Wichtung zur Unterscheidung zwischen Kultur- und Wildbirne (Abb. 76 bis 78). Mit zunehmender Fruchtgröße waren die Birnen im Geschmack süßer und aromatischer. Die Klone mit den kleinsten Früchten hatten gleichfalls die dünnsten Fruchstiele und die kleinsten Samen ausgebildet.



Abb. 76: Vergleich der Blätter von Klon M 1 (links) und M 10 links



Abb. 77: Vergleich der Früchte von Klon M 17, M 19 und M 21 (von links nach rechts)

Eine bedeutende Rolle für die Charakterisierung der ausgewählten Klone spielt die Klassifizierung in Formen, die entweder der Kulturbirne oder Wildbirne nahestehen. Mit der Einordnung der ausgewählten Klone wird eine wichtige Grundlage für eine Sortenkompatibilitätsprüfung geschaffen.

Dazu wurden im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche, insbesondere morphologische Merkmale erfasst. Mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse wurden 16 morphologische Merkmale und Stadien der jahreszeitlichen Entwicklung hinsichtlich ihrer Trennstärke für eine Differenzierung von Wild- und Kulturbirnen gewichtet (Tab. 48).

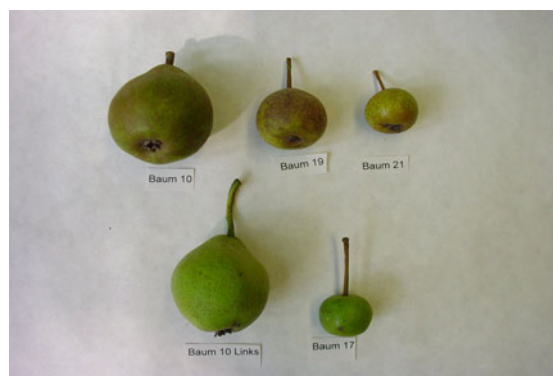


Abb. 78: Fruchtvariation der ausgewählten Bäume

Die große Variabilität der Merkmale innerhalb einer Art, der frühe Züchtungsbeginn und die leichte Bastardierung zwischen Arten und Sektionen und mit Kultursorten haben zu vielfältigen Kombinationen des genetischen Materials geführt. Fließende Übergänge in der Phänologie von Wildbirne, Kulturbirne und deren Hybriden sind die Folge.

Die ersten 3 Hauptkomponenten decken bereits 64 % der Gesamtvarianz ab. Von besonderer Bedeutung ist die Fruchthöhe, gefolgt von der Fruchtstiellänge und der Fruchtform. Von den phänologischen Merkmalen ist der Zeitpunkt der Blattentfaltung bedeutsam. Ein extrem zeitiger Austrieb könnte zu Spätfrostschäden führen.

Tab. 48: Komponentenmatrix der untersuchten *Pyrus*-Exemplare

Merkmal	Komponente		
	1	2	3
Durchschnittliche Fruchthöhe	0,948		
Fruchtstiellänge	0,887		
Fruchtform	0,883		
Fruchthöhe : Fruchtbreite	0,823		
Volle Blattentfaltung	0,816		
Spreitenlänge	0,796		
Samenlänge	0,784		
Fruchtstiellänge Fruchthöhe	-0,751		
Behaarung Austrieb	0,733		
Beginnende Blattentfaltung	0,728		
Vollblüte	0,710		
Behaarung Blütenkelch	0,658		
Ort, Grad der Bedornung	-0,527		
Beginnende Blüte	0,498		
Blattstiellänge : Spreitenlänge	-0,427		
Spreitenlänge : Spreitenbreite		0,634	
Blattform		0,313	
Blattbreite	0,551		0,735

Zusammenfassend können die ausgewählten *Pyrus*-Exemplare folgendermaßen klassifiziert werden:

- Wildbirnennahe Formen: M 17, M 21
- Zwischenformen: M 19
- Kulturformen: M 1, M 10, M 10 links

Bei den zu den Kulturformen zugeordneten Klonen wurde versucht eine Einordnung in eine Sorte oder Sortengruppe durchzuführen. Für jeden Klon wurden Gemeinsamkeiten mit sehr alten Lokalsorten gefunden. Ob es sich bei diesen Klonen um die angegebenen Sorten handelt, konnte mit der zur Verfügung stehenden Literatur nicht absolut geklärt werden.

Baum M 1

Er bildet kleine, ca. 4 cm lange und 3,4 cm breite, kreisel- bis stumpfkreiselförmige Früchte aus. Sie sind mittelbauchig, zur Stielseite leicht eingezogen und zugespitzt. Der ca. 1,8 cm lange Fruchtstiel sitzt gerade auf, geht auch in die Frucht über oder wird durch eine Wulst leicht zur Seite gedrückt. Der Stielansatz ist grün, nach oben hin wird der Stiel gelblich. Die

Kelchseite ist abgeplattet und leicht gerippt. Der leicht eingesenkte Kelch ist am Grund rötlich und besteht aus langen wolligen Kelchblättern (Abb. 79).

Das knackige Fruchtfleisch ist nicht besonders saftig und schmeckt eher säuerlich. Ein ausgeprägter Steinzellenring befindet sich um das kelchnah gelegene Kernhaus. Die länglich ovalen Samen sind 7,5 mm lang, 4 mm breit, dunkelbraun bis schwarz und überwiegend seitlich stumpfnasig. Um den Kelch sind die Früchte ringförmig berostet, gelegentlich auch um den Stiel. Die grün-gelbliche Fruchtschale trägt helle Lentizellen. Einige Früchte sind von gelblicher Farbe und mitunter leicht gerötet.



Abb. 79: Frucht von Baum M 1

Der Baum ist das älteste Exemplar am Selektionsstandort, mit einer kugeligen Krone mit steil aufstrebenden Ästen. Die Vollblüte fand 2002 Ende April statt, die Pflückreife dauerte von Mitte August bis Mitte September.

Kleine, zum Stiel verjüngte, Ende August bis Anfang September reifende Früchte wie Baum M 1, bildet die Sorte 'Leipziger Rettichbirne' (KOLOC 1958, JAHN 1860) aus. Weitere Gemeinsamkeiten stellen der zur Frucht hin grünliche und zum Zweig hin gelblichbräunliche Fruchtschale sowie die grünlichgelbe mit Lentizellen und Schalenpunkten bedeckte Fruchtschale dar. Die Samen ähneln sich in der Farbe, weniger in der Form. Der Märkische Obstbauverein (1890) empfiehlt diese alte sächsische Sorte zur Pflanzung an Landstraßen und Feldwegen auf trockenen Böden. Sie soll widerstandsfähig gegen Krankheiten und Frost sein.

Baum M 10

Baum M 10 bildet 5,3 bis 6,6 cm hohe und 5 cm breite, kreisel- bis birnförmige, klobig wirkende Früchte aus. Diese haben bisweilen asymmetrische Fruchtseiten und sind mittel- bis kelchbauchig. Stielseits sind die Früchte leicht eingezogen, kegelstumpfförmig ausgezogen und abgeplattet. Der Stiel sitzt auf oder ist in eine flache bis mitteltiefe Grube eingesenkt. Mitunter wird er durch eine Fleischwulst zur Seite gedrückt. Der Fruchtschiel ist nur rund 10 mm lang und 4-5 mm dick (Abb. 80). Die Kelchseite ist leicht eingezogen, breit abgeplattet bis rundlich. Der unregelmäßig geformte Kelch ist in eine flache bis mitteltiefe Grube eingesenkt. Am Grund ist er rötlich und trägt zahlreiche Staubblattreste. Die Kelchblätter sind am Grund verwachsen, schmal zugespitzt und weißfilzig. Das gelblich-weiße Fruchtfleisch ist sehr

wohlschmeckend, schmelzend oder etwas griesig. Das kelchnah gelegene Kernhaus ist von einzelnen Steinzellen umgeben. Die Kerne sind häufig unvollkommen. Vollentwickelte Samen sind 9,5 mm lang, oval, hellbraun mit dunkelbrauner, seitlich angesetzter Nase. Die glatte Fruchtschale ist mit einer gelben Deckfarbe überzogen, teilweise rot gestreift oder gefleckt. Die netzartige Berostung ist zum Teil sehr dicht. Immer ist ein Kelchring ausgebildet. Die zahlreichen dunklen Schalenpunkte sind teilweise grün umhöft.

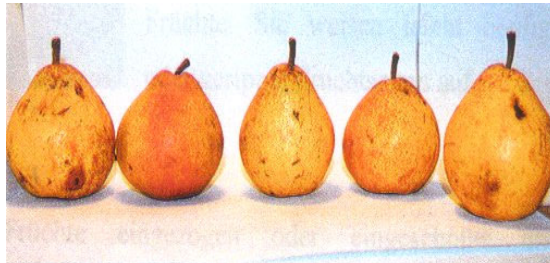


Abb. 80: Früchte von Baum M 10

Der Baum wirkt eichenähnlich knorrig. Seine Krone ist kugelig mit zunächst aufstrebenden dann überhängenden Ästen. Die Vollblüte fand 2002 Anfang Mai statt, die Pflückreife dauerte von Anfang bis Mitte Oktober.

Baum M10 ähnelt in der Fruchtform, der Kelchausprägung und der Ausprägung der Samen der Sorte 'Diels Butterbirne', (KOLOC 1958, HARTMANN 2001). Diese Sorte sollte jedoch nur in geschützten Lagen, wenn möglich an einem Wandspalier gezogen werden (HARTMANN 2001).

Baum M 10 links

Auffallend an den Früchten von Baum M 10 links ist der mit 30-40 mm verhältnismäßig lange grüne Fruchtstiel, der sich grünlich bis ins Fruchtfleisch fortsetzt. Baum M 10 links trägt birnenförmige, mittelbauchige Früchte. Sie weisen leicht beulige oder gerippte Fruchseiten auf. Zur Stielseite hin sind die Früchte eingezogen oder eingeschnürt und kegelstumpfförmig ausgezogen. Der aufsitzende Stiel befindet sich zwischen Wülsten und wird deswegen manchmal zur Seite gedrückt (Abb. 81). Die Kelchseite ist ebenfalls leicht eingezogen, rundlich bis abgeplattete und höckerig. In einer engen, mitteltiefen Einsenkung befindet sich der aus länglichen, ca. 4 mm langen Kelchblättern zusammengesetzte Kelch. Die Kelchblätter stehen aufrecht, sind hornartig oder leicht umgebogen.



Abb. 81: Früchte von Baum M 10 links

Das Fruchtfleisch ist wohlschmeckend. Um das in der Mitte gelegene Kernhaus sind kaum Steinzellen ausgebildet. Die 7,5 mm langen, 4,5 mm breiten, mittelbraunen Samen sind rundlich-oval, meist glattkuppig und bilden bisweilen seitlich eine Nase aus. Die Fruchtschale fühlt sich samtig an. Sie trägt eine gelbe Deckfarbe und ist sonnenseits rötlich überhaucht. Nur um den Kelch sind die Früchte leicht ringförmig berostet, ansonsten verteilen sich grün umhüllte Schalenpunkte über die gesamte Oberfläche.

Der Baum wirkt knorrig und bildet eine kugelige, überhängende Krone aus. Die Vollblüte fand 2002 Ende April statt, die Pflückreife begann Mitte August und währte 2-3 Wochen.

Baum M 10 links ließ sich trotz des auffälligen, langen grünen Fruchtsstiels keiner Sorte zuordnen. Die 'Sommerhonigbirne' fällt ebenfalls durch einen starken hellgrünen Stiel auf, welcher am Anfang fleischig ausgebildet ist. Hierbei scheint es sich nach HARTMANN (2001) um eine Sortengruppe zu handeln, da es verschiedene 'Honigbirnen' gibt.

4.4.2 Genetische Charakterisierung

Die 11 verwendeten Enzymsysteme werden von mindestens 17 Genorten kodiert. Es erfolgte eine Auswertung der Zymogramme der jeweiligen Enzyme (Abb. 82).

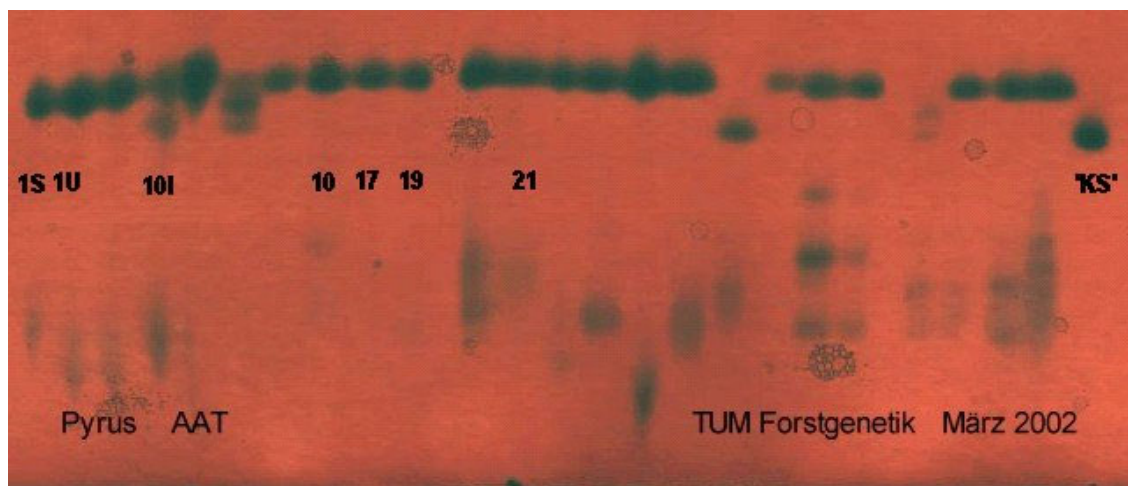


Abb. 82: Zymogramm des Enzyms Aspartataminotransferase (AAT)

Insgesamt 8 Enzymsysteme mit 13 Genorten wiesen eine genügend große Aktivität und interpretierbare Bandenmuster auf (Tab. 49). Ausgehend von 17 Genorten beträgt die Anzahl Allele pro Genlocus 3,05, dieser Wert ist für Baumpopulationen typisch (MÜLLER-STARCK & ZIEHE 1991).

Bei der Prüfung der genetischen Ähnlichkeiten stellte sich heraus, dass die Proben der Bäume M 1 (Sorte) und M 1 (Unterlage) hinsichtlich ihres 17-Locus-Genotyps vollständig identisch sind. Die Annahme, dass es sich bei M 1 (Unterlage) um die austreibende Unterlage und bei M 1 (Sorte) um die aufveredelte Sorte handelt, erwies sich als falsch. Bei allen anderen Proben gibt es keine gemeinsamen 17-Locus-Genotypen, sie sind sehr heterogen.

Tab. 49: Enzymsysteme für die untersuchten *Pyrus*-Exemplare mit kodierenden Genloci, Anzahl der Allele und der Proteinstruktur

Enzymsystem	Genloci	Allele	Häufigstes Allel	Proteinstruktur
AAT	AAT-A	4	2	Dimer
ACO	ACO-A	2	1	Monomer
MNR	MNR-A	2	1	Tetramer
IDH	IDH-A	2	2	Dimer
	IDH-B	2	1	
PGI	PGI-A	3	2	Dimer
	PGI-B	3	1	
6-PGDH	6PGDH-A	3	3	Dimer
	6PGDH-B	3	1	
	6PGDH-C	2	1	
PGM	PGM-A	5	2,3	Monomer
SKDH	SKDH-A	3	2	Monomer
	SKDH-B	3	1	

In der Hecke ist die genetische Heterogenität so groß, dass Voll-bzw. Halbgeschwisterfamilie mit sehr wenigen Eltern ausgeschlossen werden können. Besonders hoch ist der individuelle Heterozygotiegrad bei M 17 mit 61,5%. Einen niedrigen Heterozygotiegrad von 23,1 % weist Baum M 10 auf (Tab. 50).

Tab. 50: Auswertung der Genloci für die untersuchten *Pyrus*-Klone

Genlocus/ Klon	M 1 (Sorte)	M 1 (Unterlage)	M 10	M 10 links	M 17	M 19	M 21	'KS'
AAT-A	2 2	2 2	2 2	2 4	2 2	2 2	2 2	3 3
ACO	1 1	1 1	1 1	1 2	1 1	1 1	1 1	1 1
MNR	1 2	1 2	1 1	1 2	1 1	1 2	1 1	1 2
IDH-A	1 1	1 1	1 1	1 1	1 2	1 2	1 2	1 2
IDH-B	1 1	1 1	1 1	1 2	2 2	1 1	1 2	1 1
PGI-C	1 2	1 2	3 3	1 2	2 3	3 3	1 2	2 3
PGI-D	2 3	2 3	1 2	3 3	1 2	2 3	1 2	1 3
6PGDH-B	2 2	2 2	2 2	3 3	1 3	1 3	2 2	1 2
6PGDH-C	2 2	2 2	1 3	1 1	1 3	1 3	2 2	1 3
6PGDH-D	1 1	1 1	1 1	1 1	1 2	1 1	1 2	1 1
PGM	1 3	1 3	2 3	5 5	2 4	1 3	2 4	1 3
SKDH-A	2 3	2 3	2 2	3 3	3 3	2 2	2 2	2 2
SKDH-B	1 3	1 3	1 1	3 3	1 2	1 1	1 1	1 1
Individueller Heterozygotie- grad (in %)	46,1	46,1	23,1	38,5	61,5	46,1	46,1	53,8

5 Diskussion

5.1 Regeneration selektierter adulter *Pyrus*-Wildformen

Etablierung und Vermehrung

Von den ausgewählten adulten Müncheberger Klonen konnten alle Klone erfolgreich in vitro etabliert und vermehrt werden. Wie in der Literatur für *Pyrus* am häufigsten beschrieben, wurden Sprossspitzen für die Regenerationsversuche verwendet. Die hervorragende Eignung von Sprossspitzen für die Etablierung stellten u.a. SINGHA et al. (1990), NADOSY (1997), BERADI et al. (1990), JONES & WEBSTER (1989), LEBLAY et al. (1992), NIINO et al. (1992) und WANG (1992) heraus. Der Etablierungserfolg ist bei adulten über 100-jährigen Obstbäumen oft sehr schwierig (FEUERHAHN 2000). Die Regenerationsrate schwankte bei den Klonen zwischen 33,3% (M 10 links) und 100% (M 1 und M 19). Keine Probleme gab es bei der Regeneration von juvenilen Pflanzen. So erreichten 'KS', Pi-Bu 2, Pi-Bu 4 und Pi-Bu 6 einen jeweils 100%igen Etablierungserfolg. Vergleiche aus der Literatur mit In-vitro-Etablierungsversuchen konnten für *Pyrus* nicht angestellt werden, da alle bisherigen Versuche ausschließlich mit juvenilem Material durchgeführt wurden. Vergleichbare Versuche mit ebenfalls über 100-jährigen *Malus*-Klonen ergaben bei FEUERHAHN (2000) eine Regenerationsrate zwischen 0 und 58,3%.

Die Vermehrung von *Pyrus* erfolgt am häufigsten mit einem nach MURASHIGE & SKOOG (1962) modifizierten MS-Medium (NANDWAN et al. 2000, PONCHIA & GARDIMAN 1993, WEBSTER & JONES 1991, PREDIERI et al. 1989, OKA et al. 1991, RIDA et al. 2000, LANE 1979, JONES & WEBSTER 1989, SHIBLI et al. 1997 und NIINO et al. 1992).

Für die Medienoptimierung in der Sprossvermehrung wurde die 'Kirchensaller Mostbirne' auf sieben verschiedenen Medien nach MURASHIGE & SKOOG (1962) verwendet. Es wurde festgestellt, dass die MS-Medien VM 1, mit 2,5 ml/l Thiamin-HCl, 0,2 ml/l Pyridoxin-HCl, 1 ml/l BAP und 0,01 ml/l IES und VM 36, mit 0,1 ml/l Thiamin-HCl, 0,5 ml/l Pyridoxin-HCl, 2,5 ml/l BAP, in der Tendenz die Medien mit der höchsten Vermehrungsrate waren. Die geringste Vermehrungsrate bei 'KS' wurde auf MS-Medium (VM 40) mit halbiertem Makro- und Mikrostamm-Lösung, 5 ml/l Eisen, 0,1 ml/l Thiamin-HCl, 0,5 ml/l Pyridoxin-HCl, 1 ml/l BAP und 0,1 ml/l IBS erreicht. Die durchschnittliche Anzahl gebildeter Sprosse schwankte in Abhängigkeit von den Nährmedien zwischen 1,01 und 1,643.

Nach der Medienoptimierung wurden die Klone aus Müncheberg und Dresden-Pillnitz auf VM1 und VM 36 weitervermehrt. Die Klone M 1, M 10, M 17 und M 21 wiesen eine höhere Vermehrungsrate bei VM 1 auf. Die Klone M 10 links und M 19 zeigten eine höhere Vermehrungsrate bei VM 36.

SHIBLI et al. (1997) haben *Pyrus syriaca* erfolgreich auf MS-Medium mit 1,5mg/l BAP vermehrt. Die Erhöhung der BAP-Konzentrationen auf 2 mg/l führte zur Erhöhung der Vermehrungsrate, aber zur Reduzierung der Sprosslänge. Die Reduzierung der Sprosslänge wurde bei den eigenen Versuchen bei VM 36, mit 2,5 ml/l BAP, gegenüber VM 1, mit nur 1 ml/l BAP, gleichfalls beobachtet.

Da auf VM 1 im Durchschnitt aller Klone die deutlich längeren Sprosse gebildet werden, wurde im Weiteren auf die Verwendung von VM 36 verzichtet.

Bewurzelung und Akklimation

Die Sprosse der einzelnen Klone zeigten in vitro unterschiedliche Bewurzelungsraten. Es wurde beobachtet, dass mit Zunahme der IBS-Konzentration eine verstärkte Kallusbildung bei allen Klonen eintritt. In Abhängigkeit von der IBS-Konzentration reagierten die Klone mit sehr unterschiedlichem Bewurzelungsverhalten. Die Klone M 1, Pi-Bu 2 und 'KS' wiesen höhere Bewurzelungsraten auf hormonfreiem Medium (BM 14) auf. Im Gegensatz dazu hatten Klon M 21 und Pi-Bu 3 bei 3 mg/l IBS (BM 17) die höchsten Bewurzelungsraten. Die Spannweite der Bewurzelungsrate lag zwischen 26,2 und 100%.

Eine Erhöhung der IBS-Konzentration führte bei *Pyrus syraica* zu einer höheren Bewurzelungsrate. Durch Anstieg der IBS-Konzentration bis zu 3 mg/l wurden Bewurzelungsraten von 72 % und größere Wurzellängen erzielt (SHIBLI et al. 1997).

Im Gegensatz dazu berichten AL MAARRI et al. (1994), dass NES mit 0,2 mg/l das beste Auxin für die Bewurzelung bei *Pyrus communis* ist. Eigene Bewurzelungsversuche mit NES wurden jedoch nicht durchgeführt.

Nach KUNNEMAN & ALBERS (1992) spielt die Konzentration von Saccharose im Bewurzelungsmedium eine wichtige Rolle. Die Bewurzelungsraten wurden durch Herabsenkung von 30 auf 15 g/l Saccharose erhöht. In den eigenen Versuchen wurde für die Bewurzelung gleichfalls die Saccharosekonzentration auf 15 g/l abgesenkt.

Eine Erhöhung der IBS-Konzentration bis zu 2,5 mg/l führte zur Zunahme der Wurzelanzahl je Spross bei *Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken' (PONCHIA & GARDIMAN 1993). Diese Ergebnisse konnten in den eigenen Untersuchungen nur bei einigen Klonen bestätigt werden. Die durchschnittliche Wurzelanzahl je Spross war zwischen den Klonen in durchgeführten Versuchen in Abhängigkeit von der IBS-Konzentration sehr verschieden. Sie lag bei vergleichbarer Medienzusammensetzung zwischen 0,77 und 12,44. Die größte Wurzelanzahl wurde bei den Klonen M 1 und Pi-Bu 2 auf hormonfreiem Medium erreicht. Wie schon bei der Bewurzelungsrate wiesen die Klone M 21 und Pi-Bu 3 eine größere Wurzelanzahl auf dem Medium mit der höchsten IBS-Konzentration von 3 mg/l IBS auf.

Andererseits beeinflusst die Saccharosekonzentration, wie erwähnt, zwar die Bewurzelungsrate, jedoch nicht die Wurzelanzahl (KUNNEMAN & ALBERS 1992).

Die ersten Wurzelspitzen streckten sich drei bis vier Wochen nach der Überführung der bewurzelten, aber auch der unbewurzelt abgesteckten Sprosse aus den Jiffy-7-Torfquelltopfen heraus. Eine bessere Akklimation und ein rascheres Weiterwachsen der in vitro bewurzelten Sprosse gegenüber ex vitro bewurzelten, wie von KUNNEMAN & ALBERS (1992) bei *Malus* und *Pyrus* beobachtet, konnte nicht bestätigt werden. Unbewurzelt abgesteckte Mikrostecklinge zeigten in den eigenen Versuchen eine ebenso rasche Jugendentwicklung.

NADOSY (1997) stellte fest, dass die Akklimation am erfolgreichsten ist, wenn im März überführt wird, da sich die sommerliche Witterung positiv auszuwirken scheint. Eine Überführung im März bis Anfang April kann als optimal bestätigt werden, da eine Überführung im Mai 2002 von einem nicht weiter ausgewerteten Versuch bei 'KS' zu einem deutlich schlechteren Wachstum führte.

Die Überlebensrate lag auf einem sehr hohen Niveau zwischen 32% und 100%. 'KS' wies die geringste Akklimationsrate (32%) bei hormonfreiem Medium auf. Alle anderen Akklimationsraten lagen bei allen untersuchten Klonen zwischen 81 und 100%. Allgemein hohe Überlebensraten werden für *Pyrus* von verschiedenen Autoren angegeben. Sie lag bei *Pyrus communis* zwischen 80-90% (AL-MAARRI et al. 1994,

WANG 1992), bei 73% bei *Pyrus pyrifolia* (BHOJWANI et al. 1984) und bei 95% bei *Pyrus syriaca* (SHIBLI et al. 1997).

Der Sprosszuwachs zeigte zwischen den Klonen nach viermonatiger Kultur im Grundbeet deutliche genotypspezifische Unterschiede. Am wüchsigsten waren die beiden Müncheberger Klone M 1 und M 21, wobei insbesondere bei Klon M 21 Zuwächse von teilweise über 100 cm gemessen wurden. Die beiden als schwachwüchsig angegebenen Pillnitzer Klone zeigten nur geringe Zuwächse. Dabei erreichte Klon Pi-Bu 3 Wuchshöhen von meist nur 8 bis 10 cm. Aufgrund der sehr großen genotypspezifischen Wuchsunterschiede ist es schwierig diese mit Angaben aus der Literatur zu vergleichen. Die Sprosszuwächse, die nach einem etwa gleichen Zeitraum im Gewächshaus von *Pyrus syriaca* mit 18 cm (SHIBLI et al. 1997) und *Pyrus communis* mit 20 cm (AL-MAARRI et al. 1994) erreicht wurden, entsprechen jedoch dem Niveau der Klone Pi-Bu 2 und Pi-Bu 3.

5.2 Vergleich der Salzstressuntersuchungen in vitro und in vivo

Blattschädigungen

Die Reaktion der Klone auf NaCl-Belastung wurde zunächst bei der Blattschädigung verfolgt. Blattsymptome sind in der Regel die erste Reaktion auf Salzstressbehandlungen. Diese Blattschädigungen (Nekrosen) traten in vitro und in vivo, sowohl an den Blattspitzen, als auch auf den Blattflächen auf. Die ersten Blattschädigungen zeigten sich meist drei Wochen nach Beginn der Belastung. Die Ursachen der Salzschädigung sind in vielen Arbeiten beschrieben.

Unter salinen Bedingungen sind Chlorosen, Blattrandnekrosen und vorzeitiger Blattfall bei Gehölzen charakteristisch (FRANCOIS 1982). MERI & SHALHEVET (1973) beschreiben die an den Blättern beginnenden Nekrosen als typisches Symptom von Chloridschäden. Zunächst chlorotische, dann nekrotische Blattränder, zuerst an älteren, später auch an jüngeren Blättern, werden in der Literatur als typische Chloridschädigungen beschrieben. Unter diesen Bedingungen werden an älteren Blättern entstehende Schäden durch sehr hohe Konzentrationen von Cl^- und/oder Na^+ in diesen Blättern verursacht (BERNSTEIN 1975, GREENWAY & MUNNS 1980). EL SIDDIG & LÜDDERES, (1994) haben festgestellt, dass *Malus* hohe Chloridgehalte in den Blättern akkumuliert und die Schädigungen zuerst an den Blatträndern beginnen. Das beruht auf dem überwiegenden Transport des Chlorids mit dem Transpirationsstrom.

In den eigenen Untersuchungen zeigten die Klone eine unterschiedliche Verträglichkeit auf die Salzbelastung. Die Klone aus Dresden-Pillnitz hatten in vivo die höchsten Blattschädigungen aller verglichenen Klone. Bei den In-vitro-Versuchen waren die Unterschiede im Zeitpunkt und in der Intensität der Blattschädigungen zwischen den untersuchten Klonen sehr gering. Alle in vitro untersuchten Klone reagierten bei einer Belastung mit 25 mM NaCl noch mit einer positiven Vermehrungsrate in allen Versuchen. Die Blattschädigungen waren bei dieser Belastungsstufe sehr gering. Die Toleranzgrenze wurde bei den In-vitro-Versuchen bei einer Belastung zwischen 50 und 75 mM NaCl erreicht, was sich in einer negativen Vermehrungsrate (<1) niederschlug. Bei einer Belastung von 100 mM NaCl war bei den In-vitro-Versuchen in der Regel die Letalitätsgrenze erreicht, was in einem über 80%igen Absterben der Sprosse deutlich wurde. Eine Ausnahme bildete Klon M 1 bei dieser Konzentration, wo im Versuch 2002 etwa nur 40% der Sprosse abstarben. Die Ergebnisse ähneln denen der Versuche von VIJAYAN et al. (2003). Hier wurde bei Salzstressversuchen in vitro zur Maulbeere bei 100 mM gleichfalls die Letalitätsgrenze erreicht. 93,9% aller Sprosse waren unter dieser Belastung abgestorben.

MORPURGO (1991) wies unter Salzbelastung für zehn Kartoffelklone hochsignifikante Korrelationen in der Verträglichkeit zwischen In-vitro-Bedingungen und Feldbedingungen nach. Die Kartoffelklone mit der höchsten Überlebensrate in vitro zeigten auch in vivo die geringsten Schädigungen.

Vergleicht man den in Bezug auf Überlebensrate und Blattschädigungen im In-vitro-Versuch signifikant überlegenen Klon M 1 mit dem Gewächshausversuch 2003, zeigt sich hier gleichfalls eine signifikante Überlegenheit im sehr geringen Anteil abgestorbener Blätter in allen Konzentrationsstufen. Vergleicht man Klon M 1 in diesem Versuch mit den anderen untersuchten Klonen bezüglich der Toleranzgrenze (bis 50% abgestorbener Blätter) und der Letalitätsgrenze (über 80% abgestorbener Blätter), ergeben sich wiederum deutliche Unterschiede. Für Pi-Bu 2 liegt die Toleranzgrenze zwischen 100 und 200 mM NaCl. Die Letalitätsgrenze wird bei Pi-Bu 2 schon mit 200 mM überschritten. Die 'KS' und Klon M 21 liegen bei 200 mM schon knapp über der Toleranzgrenze. Die Letalitätsgrenze wird bei diesen beiden Klonen bei 300 mM NaCl erreicht. Die hohe Salztoleranz von Klon M 1 wird daran sichtbar, dass die Toleranzgrenze erst bei 300 mM mit 60% abgestorbener Blätter erreicht wurde.

Die allgemeine Überlegenheit der Müncheberger Klone ist im Gewächshausversuch 2001 erkennbar. Die Klone Pi-Bu 3 und Pi-Bu 4 überschritten die Letalitätsgrenze schon bei 200 mM, bzw. 'KS' schon bei 400 mM NaCl. Demgegenüber erreichten die Klone M 10 links, M 17 und M 21 bei 400 mM noch nicht einmal die Toleranzgrenze. Besonders Klon M 17 zeigt bei dieser Konzentration mit 15,2% kaum abgestorbene Blätter. Bei 600 mM NaCl ist Klon M 17 der einzige, der mit 70,9% abgestorbener Blätter die Letalitätsgrenze noch nicht erreicht hat.

Im Vergleich der Gewächshausversuche 2001 und 2002 waren im Versuch 2002 die Toleranz- und Letalitätsgrenzen der jeweiligen untersuchten Klone deutlich niedriger. Die untersuchten Klone aus Dresden-Pillnitz und die 'KS' überschritten 2002 schon bei 200 mM die Letalitätsgrenze, die Müncheberger Klone bei 300 mM NaCl. Die großen Unterschiede zwischen diesen Versuchen sind zum einen auf den späteren Versuchszeitraum und zum anderen auf extrem hohe Temperaturen 2002 zurückzuführen. Im Jahr 2001 war im Versuchszeitraum die durchschnittliche Maximumtemperatur 17,3°C und 2002 ca. 24,2 °C. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit betrug 79% im Jahr 2001 und 68,7% im Jahr 2002.

DÖRING & LÜDDERS (1986) stellten bei Granatäpfeln eine signifikante Zunahme des Wasserverbrauchs bei der 30°C-Variante gegenüber der 18°C-Variante fest. Dieser Effekt kann auf eine erhöhte Transpiration zurückgeführt werden. Die verminderte Wasserverfügbarkeit und aus einem belasteten Nährstoffangebot resultierende Veränderungen des Mineralstoffhaushaltes sind als primäre Ursache für größere Blattschädigungen bei höheren Temperaturen heranzuziehen. Wasser und Mineralstoffaufnahme und damit indirekt der Ablauf physiologischer Prozesse werden von der Höhe der Temperatur stark beeinflusst.

Die Erhöhung der Temperatur führte zur Erhöhung der Transpiration bei *Quercus velutina* und *Quercus rubra*. Die Transpiration nahm vor allem bei starkem Licht bei Temperaturen bis 30° C zu, jedoch von 30 bis 40°C durch Schließen der Spaltöffnungen deutlich ab (LYR et al. 1992).

Durch den Effekt der Verminderung der Transpiration unter sehr hohen Temperaturen (über 30°C) in den Klimakammerversuchen 2003 ist ein geringerer Anteil abgestorbener Blätter von Klon M 21 durch Temperaturerhöhung zurückzuführen. Während die Variante mit den höheren Temperaturen bei 200 mM NaCl die Toleranzgrenze noch nicht erreicht hatte, wurde sie bei der geringeren Temperatur von 20°C deutlich überschritten.

Nach LYR et al. (1992) wirken sich hohe Temperaturen in den oberflächennahen Bodenschichten ungünstig auf die Wasserabsorption flachwurzelter Pflanzenarten aus. Gewöhnlich sind sie verbunden mit einer Abnahme der Bodenfeuchte und einem Anstieg des osmotischen Drucks der Bodenlösung.

Die Luftfeuchte stellt aber einen wirksamen Transpirationsschutz dar, der in Trockenperioden bedeutungsvoll ist, da dann der Wasserverbrauch durch Transpiration eingeschränkt wird. Nach HOFFMAN & RAWLINS (1970) wird bei den salzempfindlichen Pflanzenarten Zwiebel und Rettich der durch Salinität hervorgerufene physiologische Wassermangel bei hoher relativer Luftfeuchte abgeschwächt.

Eine Erhöhung des Salzgehaltes im Boden führt zur Erhöhung des osmotischen Drucks der Bodenlösung (EL BASSAM 1867), woraus eine Verminderung der Wasseraufnahme durch die Wurzel und einer Erhöhung der Transpiration resultieren. Nach MEIRI & SHALHEVET (1973) rufen Na^+ und Cl^- bei Anreicherung im Boden bei Pflanzen eine toxische Wirkung hervor (MEIRI & SHALHEVET 1973, MENGEL 1979). Außerdem wird die Aufnahme anderer Nährionen behindert (BERNSTEIN & HAYARD 1958).

Triebzuwachs als Merkmal für die Salztoleranz

Die NaCl-Belastungen führten in allen eigenen Versuchen zu einer Reduzierung des Triebzuwachses aller Klone. Damit entsprachen die Versuchsergebnisse den Erwartungen. Die Abnahme des Triebzuwachses bei zunehmender NaCl-Konzentration lässt sich auf eine Abnahme der Wurzelaktivität unter Salzstress zurückführen. Eine weitere Ursache sind indirekt die auftretenden Salzschäden an den Blättern. Bei den geschädigten Blättern vermindert sich die Assimilationskapazität und damit auch die Produktion der Assimilate (SOYLU & LÜDDERS 1988).

Extreme Salzbelastung führt zu Wuchsdepressionen und Hemmung des Wurzelwachstums, Knospen treiben verspätet und kümmerlich aus, die Blätter bleiben klein. Zellbezirke sterben ab und verursachen Wurzel-, Knospen-, Blattrand- und Sproßspitzennekrosen (LARCHER 1994).

Nach SHANNON & GRIEVE (1999) reagieren Pflanzenarten im Allgemeinen unter salinen Bedingungen mit reduziertem Wachstum und entsprechend kleineren und weniger Blättern und reduzierter Höhe der Pflanzen. Speziell die Gattung *Pyrus* reagierte unter Salzbelastung wie andere Pflanzenarten, jedoch genotypspezifisch differenziert.

Bei den In-vitro-Versuchen zeigten die Klone, im Vergleich zur Reduzierung der Sprosslängen mit zunehmender NaCl-Belastung, bei einer Konzentration von 25 mM NaCl nur eine geringe Wuchshemmung. Bei 50 mM verringerte sich die Sprosslänge bei allen Klonen schon um über 50%. Eine Ausnahme stellte, wie auch bei den Blattschädigungen, wiederum Klon M 1 dar, der im Versuch 2003 bei 50 mM NaCl nur eine Abnahme von 3% gegenüber der unbehandelten Variante zeigte.

Im Vergleich der Versuche, bezüglich des Merkmals Triebzuwachs in vitro und in vivo, wurden mit zunehmender Salzbelastung keine eindeutigen Korrelationen zwischen den Klonen sichtbar. Der Vergleich der Gefäßversuche in der Klimakammer und im Gewächshaus brachte ebenfalls zwischen den Klonen meist keine signifikanten Unterschiede in der jeweiligen Belastungsstufe.

Deshalb kommt dem Triebzuwachs als Merkmal für die Feststellung einer genotypspezifischen Salztoleranz der Klone nur eine geringe Bedeutung zu. Zur gleichen Aussage kommt WAHOME (1999) bei Versuchen zur Salzstresstoleranz verschiedener Genotypen der Gattung *Rosa*. Er konnte zwischen den verschiedenen Genotypen im Triebzuwachs gleichfalls keine signifikanten Unterschiede in der jeweiligen Belastungsstufe feststellen.

In der Betrachtung der absoluten Triebzuwächse von Sämlingen und in vitro vermehrter Pflanzen traten jedoch Unterschiede im Versuch 2003 von 'KS' und Klon M 21 auf. Im absoluten Triebzuwachs sind Sämlinge den in vitro vermehrten Pflanzen des gleichen Klones überlegen.

Für den absoluten Triebzuwachs spielen die Temperatur und Luftfeuchtigkeit eine wichtige Rolle. Im Vergleich der Gewächshausversuche zeigten die Versuche 2001 unter geringeren durchschnittlichen Maximumtemperaturen (17,3°C) und einer höheren durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit (79%) deutlich größere Triebzuwächse als 2002 (24,2°C, 68,7%) und 2003 (25,7°C, 57%). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch NIEMAN & POULSEN (1967). Sie ermittelten an Baumwolle bei hoher relativer Luftfeuchte (80%) keine salzbedingten Wachstumsdepressionen. Nach KAMINSKI & LÜDDERS (1989) zeigten Feigen unter salinen Bedingungen bei höherer Luftfeuchtigkeit (75%) einen höheren Triebzuwachs als bei niedriger Luftfeuchte (40%).

Für den Birnenanbau in Ägypten spielt diese Erkenntnis eine bedeutende Rolle in der Standortwahl. Da die höchsten Triebzuwächse, verbunden mit der geringsten Blattschädigung, unter Bedingungen einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit (75-80%) erreicht wurden, sollte der Birnenanbau in Gewässernähe erfolgen.

Natriumverteilung in den Pflanzenteilen

In allen Untersuchungen war der Natriumgehalt in den untersuchten Pflanzenteilen geringer als der Chloridgehalt. Der Einfluss von Natrium auf das Wachstum und die Schädigungen der Pflanzen wird geringer als die Wirkung von Chlorid eingestuft, weil Na^+ -Aufnahme und -Transport sehr selektiv sind bzw. mit der K^+ -Aufnahme konkurrieren. Gleichzeitig bilden Pflanzen Mechanismen zur Verminderung der Na^+ -Aufnahme und zum Kurzstreckentransport von Na^+ , aufgrund einer geringen Membranpermeabilität. Dagegen werden die Chloridionen wegen ihrer hohen Wasserlöslichkeit sehr rasch von den Pflanzen aufgenommen und transportiert. Damit kann bei hohen Chloridkonzentrationen im Boden schneller eine toxische Wirkung eintreten als bei hohen Natriumkonzentrationen.

Bei den untersuchten *Pyrus*-Klonen schwankten die Natriumgehalte in der unbehandelten Variante zwischen 0,01 und 0,3%.

Zwischen den Klonen gab es in den eigenen Versuchen eine sehr große Variation bis zum Erreichen der Letalitätsgrenze. Die toxische Wirkung von Natrium wurde in den Blättern von 1,0 bis 2,5%, in den Wurzeln von 0,5 bis 2,4% und in den Sprossen von 0,3 bis 1,8% Na^+ in der Trockensubstanz erreicht.

Bei *Prunus laurocerasus* sind die Natriumgehalte der Blätter linear mit steigenden NaCl-Konzentrationen angestiegen, während der Natriumgehalt bei *Thuja occidentalis* kaum von der NaCl-Zugabe beeinflusst wurde (ARTMEYER & ALT 1996). Im Gegensatz dazu zeigten die Untersuchungen von WAHOME (1999) bei *Rosa chinensis* schon bei einer Konzentration von 20 mM NaCl relativ hohe Natriumgehalte in den Blättern von ca. 0,6%, welche mit zunehmender Konzentration nur noch sehr gering anstiegen.

In den eigenen Versuchen konnte, wie von ARTMEYER & ALT (1996) bei *Prunus laurocerasus* beschrieben, ein linearer Anstieg des Natriumgehaltes in den Blättern mit steigender NaCl-Konzentration beobachtet werden. Mit Erreichen der Letalitätsgrenze stiegen die Werte jedoch nicht weiter an, bzw. die Werte waren geringer im Vergleich zur nächst niedrigeren Konzentration, da durch das Absterben der Blätter kein weiteres Natrium aufgenommen werden konnte, bzw. in andere Pflanzenteile verlagert wurde.

Nach SCHREINER (1991) kann die Erhöhung der Salzverträglichkeit von salzempfindlichen Obstgehölzen durch Auswahl der Unterlagen beeinflusst werden. Die Höhe der Salztoleranz ist davon abhängig, in welchem Umfang sich Natrium in der Wurzel anreichern kann und die Akkumulation des Natriums im Spross begrenzt wird. Nach DINKELBERG (1990) kann durch erhöhte Na^+ - und Cl^- -Anreicherung in den Wurzeln die osmotische Anpassung der Pflanzen unter salinen Bedingungen verbessert werden. BALLESTEROS et al. (1997) haben festgestellt, dass das Wurzelsystem von *Helianthus annuus* nur bei niedriger Salzbelastung in der Lage war, den Natriumtransport in das Sprosssystem zu hemmen.

Die Segmentierung in unterschiedliche Pflanzenteile für die Natrium- und Chloridanalyse, wie in den Methoden vorgegeben, war für den Nachweis einer unterschiedlichen genotypspezifischen Reaktion der *Pyrus*-Klone bedeutsam. Als vorteilhaft erwies sich der von DINKELBERG (1990) angesprochene Resistenzmechanismus eines begrenzten Transportes von Na^+ in die Sprosse bei hohen Konzentrationen von 300 bis 400 mM NaCl. In den eigenen Untersuchungen konnte bei allen Klonen beobachtet werden, dass bei einer niedrigen Salzbelastung der Natriumgehalt in den Wurzeln deutlich über den Gehalten der Sprosse liegt. Damit können die Aussagen von DINKELBERG (1990) und BALLESTEROS et al. (1997) bestätigt werden, da die Akkumulation von Natrium in den Spross begrenzt wird und damit die Klone bei niedrigen Belastungen salztolerant sind. Bei Überschreiten der Letalitätsgrenze wurde häufig, am auffälligsten bei 'KS', die Natriumverlagerung von der Wurzel in den Spross nicht mehr begrenzt. Insbesondere im Gewächshausversuch 2001 lagen bei 600 mM NaCl bei 'KS' im Spross (1,47%) höhere Natriumgehalte als in den Wurzeln (1,19%) vor. Hier ist für die Wurzel ein toxischer Natriumgehalt erreicht, so dass eine Natriumableitung aus der Wurzel stattfinden muss (NAKAMURA et al. 1996, DÖRING & LÜDDERS 1986). Bemerkenswert dagegen ist im Versuch 2001 von Klon M 17 bei 400 mM der noch intakte Mechanismus eines begrenzten Transportes in den Spross. Der Natriumgehalt in den Wurzeln betrug hier 1,72% und in den Sprossen nur 0,7%, wobei bei dieser Konzentration mit nur 15,2% abgestorbener Blätter die Toleranzgrenze noch nicht erreicht war.

Die höheren Na^+ -Gehalte in den Blättern, gegenüber Wurzeln und Sprossen, lassen sich auf eine stärkere Transpiration der Blätter zurückführen. Na^+ wird in den Vakuolen festgelegt (CHEESEMAN 1988). Zu ähnlichen Aussagen kommen auch BANULS & PRIMO-MILLO (1995), welche einen höheren Natriumgehalt in den Blättern gegenüber anderen Pflanzenteilen bei *Citrus* beobachten konnten. Bis zum Erreichen der Letalitätsgrenze hatten die Blätter in den eigenen Untersuchungen gleichfalls die höchsten Natriumgehalte gegenüber allen anderen Pflanzenteilen. Im Gewächshausversuch 2001 bei 200 und 400 mM NaCl, hatte z.B. der Klon M 10 links einen Natriumgehalt in den Blättern von 0,71 und 1,74%, in den Wurzeln von 0,6 und 1,53 % und in den Sprossen von 0,24 und 1,22%.

Vergleicht man die Zunahme des Anteils abgestorbener Blätter mit deren steigendem Natriumgehalt, ergibt sich eine enge Korrelation. Die Klone aus Dresden-Pillnitz, mit der geringsten Salztoleranz, erreichten die Toleranzgrenze bei ca. 0,5 bis 1,0% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,2 bis 1,5% Natrium in der Trockensubstanz der Blätter. Bei 'KS' ergibt sich eine Toleranzgrenze von ca. 1,0 bis 1,3% und eine Letalitätsgrenze von ca. 1,0 bis 2,0% . Die Müncheberger Klone, mit der höchsten Salztoleranz, erreichten die Toleranzgrenze bei ca. 1,0 bis 2,0% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,5 bis 2,5% Natrium in der Trockensubstanz der Blätter.

Setzt man die Natriumgehalte der Wurzeln mit den Toleranzgrenzen in Beziehung, lassen sich die Klone deutlich klassifizieren. Die Klone aus Dresden-Pillnitz erreichten

die Toleranzgrenze bei 0,5 bis 0,9% und die Letalitätsgrenze bei 0,7 bis 1,5% Natrium in der Trockensubstanz der Wurzeln. Bei 'KS' wurde die Toleranzgrenze bei ca. 0,4 bis 1,4% und die Letalitätsgrenze bei ca. 0,8 bis 1,8% erreicht. Die Müncheberger Klone hatten ihre Toleranzgrenze bei ca. 0,7 bis 2,8% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,2 bis 3,0% Natrium in der Trockensubstanz der Wurzel.

Die Toleranzgrenze wurde in den Sprossen im Vergleich mit den Blättern und Wurzeln bei einem geringeren Natriumgehalt erreicht. Bei den Klonen aus Dresden-Pillnitz lag die Toleranzgrenze zwischen 0,2 und 0,4% und die Letalitätsgrenze zwischen 0,3 und 0,6% Natrium in der Trockensubstanz der Sprosse. Bei 'KS' wurde die Toleranzgrenze bei ca. 0,2 bis 0,6% und die Letalitätsgrenze bei ca. 0,5 bis 1,2% erreicht. Bei den Müncheberger Klonen lag die Toleranzgrenze bei ca. 0,5 bis 1,5% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,0 bis 2,0% Natrium in der Trockensubstanz der Sprosse.

Dem Klimaeinfluss (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) entsprechend, nahmen bei gleichzeitig zunehmender Salztoleranz, die Natriumgehalte in allen Pflanzenteilen mit sinkender Temperatur und steigender Luftfeuchtigkeit ab. Die Pflanzen von Klon M 21 akkumulierten beim Versuch 2001 z.B. bei 100 mM NaCl weniger Natrium in den Blättern (0,16%), Wurzeln (0,18%) und Sprossen (0,06%) als in den Versuchen 2002 (0,87, 0,75, 0,34%) und 2003 (0,62, 0,24, 0,12%). Im Jahr 2001 lag im Versuchszeitraum die durchschnittliche Maximumtemperatur bei 17,3°C, im Jahr 2002 bei 24,2°C und im Jahr 2003 bei 27,1°C. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit betrug 79% im Jahr 2001, 68,7% im Jahr 2002 und 56,5% im Jahr 2003.

Ebenfalls konnten in der Klimakammer 2003 bei 300 mM NaCl höhere Natriumgehalte in den Blättern (1,27%), Wurzeln (0,94%) und Sprossen (0,48%) bei Klon M 21 mit höheren Temperaturen (bis 32°C) und niedriger Luftfeuchtigkeit (55%) nachgewiesen werden. Bei der Variante mit 20°C und 70% Luftfeuchtigkeit waren die Werte in den Blättern (0,98%), Wurzeln (0,83%) und Sprossen (0,40%) geringer.

Nach DÖRING & LÜDDERS (1986) führt die Erhöhung der Wurzeltemperatur unter hohen Salzkonzentrationen zur Erhöhung der Natriumgehalte in den Blättern und Wurzeln. Die Na⁺-Translokation zeigt signifikante Interaktionen zwischen Wurzeltemperatur und Salzkonzentration. In den Versuchen von DÖRING & LÜDDERS (1986) mit hohen NaCl-Gaben konnten in der höchsten Temperaturvariante (30°C) die stärksten Na⁺-Anreicherungen in den Trieben und Blättern nachgewiesen werden.

Für eine spätere mögliche Verwendung als Unterlage im Erwerbsobstbau unter salinen Bedingungen in Ägypten, vor allem der als sehr salztolerant eingestuften Klone M 1, M 17, M 10 links und M 21, könnten sich sehr hohe Temperaturen (35 bis 40°C), verbunden mit einer sehr geringen Luftfeuchtigkeit (40 bis 60%) ungünstig auf die Salztoleranz auswirken. Um eine toxische Anreicherung von Na⁺, besonders in den Trieben und Blättern, zu vermeiden, sollten Standorte mit geringeren Maximumtemperaturen und vor allem einer höheren Luftfeuchtigkeit ausgewählt werden.

Chloridverteilung in Pflanzenteilen

Nach CHARTZOULAKIS (1994) ist der Chloridgehalt in Blättern immer höher als der Natriumgehalt. Ein grundsätzlich höherer Chloridgehalt konnte in den eigenen Versuchen in allen Pflanzenteilen nachgewiesen werden. Wie schon bei der Natriumverteilung in den Pflanzenteilen angesprochen, ist der Einfluss von Chlorid auf die Pflanzenschädigung deutlich höher als der von Natrium. Die Chloridionen haben eine hohe Wasserlöslichkeit und werden von den Pflanzen u.a. viel schneller als Phosphat- und Sulfationen aus dem Boden aufgenommen. Mechanismen zur selektiven Aufnahme, wie bei Natrium, scheinen für Chloridionen nicht zu existieren. In der Pflanze haben die Chloridionen eine sehr gute Beweglichkeit und damit verbunden hervorragende Transporteigenschaften. Insbesondere der schnelle Transport mit dem Transpirationsstrom in

juvenile Pflanzenteile (Blätter, Triebe) kann durch ein sprunghaftes Ansteigen des Chloridgehaltes für die Pflanzen toxisch wirken.

Bei den untersuchten *Pyrus*-Klonen schwankten die Chloridgehalte in der unbehandelten Variante zwischen 0 und 0,43%. Schon Chloridgehalte von 0,5 bis 1,5% in der Trockensubstanz der Blätter können sich je nach Pflanzenart toxisch auswirken. Dagegen können chloridtolerante Pflanzen Gehalte bis 4% in der TS ohne Schädigungen ertragen (BERGMANN 1993, YARON et al. 1969).

Zwischen den Klonen gab es in den eigenen Versuchen eine sehr große Variation bis zum Erreichen der Letalitätsgrenze. Gleichzeitig gab es insbesondere zwischen den Gewächshausversuchen zwischen den Jahren, aufgrund unterschiedlicher klimatischer Versuchsbedingungen, ähnlich große Unterschiede. Die toxische Wirkung von Chlorid wurde in den Blättern mit Gehalten von 2,1 bis 5,7%, in den Wurzeln von 1,5 bis 5,3% und in den Sprossen von 0,7 bis 4,0% Cl⁻ in der Trockensubstanz erreicht.

In den eigenen Untersuchungen konnte in den Blättern (z.B. bis 7,7%, Klon M 10 links, 600 mM NaCl, 2001) meist der höchste Chloridgehalt im Vergleich zu den anderen Pflanzenteilen nachgewiesen werden. Mit Erreichen der Letalitätsgrenze stieg der Chloridgehalt in den Blättern, wie auch bei Na⁺, nicht mehr an.

In den Wurzeln wurde der Höchstwert von 5,3% von Klon M 17 und M 21 bei 600 mM NaCl gleichfalls 2001 erreicht. Die Klone akkumulierten die geringsten Chloridgehalte in den Sprossen (bis 4,0%, Klon M 10 links, 600 mM NaCl, 2001). Damit können die Aussagen von KADMAN (1963) bestätigt werden, der von einer geringen Akkumulation im Spross und einer sehr hohen Anreicherung von Chlorid durch den Transpirationsstrom in den Blättern von Avocado berichtet.

Die eigenen Versuche ergaben in der Regel eine deutlich höhere Chloridkonzentration in den Wurzeln gegenüber den Sprossen. Die Wurzel, als Speicherorgan für Chlorid, scheint eine bedeutende Funktion für die Erhöhung der Salztoleranz zu haben. Nach Salzversuchen von DÖRING & LÜDDERS (1987) wies der Granatapfel in Wurzeln (ca. 1,8%) höhere Chloridgehalte auf als in den Sprossen (ca. 1,0%). WAHOME (1999) wies in den Wurzeln verschiedener Genotypen der Gattung *Rosa* einen höheren Chloridgehalt als in den Sprossen nach. Die deutlich höheren Chloridgehalte in den Wurzeln bei einer Belastung von 30 mM NaCl von *Rosa rubiginosa* (1,7%) gegenüber *Rosa chinensis* (1,2%) weisen auf einen reduzierten Transport von Chlorid aus den Wurzeln in die oberirdischen Pflanzenteile hin. *Rosa chinensis* konnte in der Wurzel kaum noch Chlorid speichern, während *Rosa rubiginosa* durch eine weitere Erhöhung des Chloridgehaltes in der Wurzel die Chloridakkumulation in den Sprossen (0,2%) bremsen konnte. Bei *Rosa chinensis* betrug die Chloridkonzentration in den Sprossen 0,7%.

Wie von WAHOME (1999) festgestellt, kann eine gleichfalls genotypspezifische Reaktion der Chloridakkumulation der Wurzeln von *Pyrus*-Klonen nachgewiesen werden. Bemerkenswert ist die vergleichbare Reaktion des *Pyrus*-Klones M 17 mit *Rosa rubiginosa*. Die kaum geschädigten Pflanzen dieses Klones (nur 15,2% abgestorbene Blätter) wiesen bei einer Konzentration von 400 mM NaCl im Gewächshaus 2001 einen ca. vierfachen Chloridgehalt in der Wurzel von 4,0% gegenüber dem Spross mit 1,16% auf. Eine ähnliche Reaktion wie *Rosa chinensis* zeigte 'KS'. Die Pflanzen von 'KS' hatten wiederum im Versuch 2001 bei 200 mM NaCl die Toleranzgrenze schon überschritten (59% abgestorbene Blätter). Der Chloridgehalt in den Wurzeln mit 1,0%, lag nur geringfügig über dem Chloridgehalt der Sprosse mit 0,8%.

Im Vergleich des Anteils abgestorbener Blätter, wiederum unter Betrachtung der Toleranz- bzw. der Letalitätsgrenze, mit den Chloridgehalten in den Blättern ergibt sich, wie bei den Natriumgehalten, eine enge Korrelation. Die Klone mit der höchsten Salz-

toleranz weisen beim Erreichen des jeweiligen Grenzwertes die höheren Chloridgehalte in den Blättern auf. Die Klone aus Dresden-Pillnitz, welche die geringste Salztoleranz zeigen, erreichen die Toleranzgrenze bei ca. 1,0 bis 3,0% und die Letalitätsgrenze bei ca. 2,5 bis 4,0% Chlorid in der Trockensubstanz der Blätter. Bei 'KS' wurde die Toleranzgrenze bei ca. 2,0 bis 3,5% und die Letalitätsgrenze bei ca. 3,0 bis 5,5% erreicht. Die Müncheberger Klone, mit der höchsten Salztoleranz hatten ihre Toleranzgrenze bei ca. 2,0 bis 5,5% und die Letalitätsgrenze bei ca. 2,0 bis 7,5% Chlorid in der Trockensubstanz der Blätter.

Setzt man die Chloridgehalte der Wurzeln mit den Toleranzgrenzen in Beziehung lassen sich die Klone wiederum deutlich klassifizieren. Die Klone aus Dresden-Pillnitz erreichten die Toleranzgrenze bei 1,1 bis 1,7% und die Letalitätsgrenze bei 1,4 bis 2,5% Chlorid in der TS der Wurzeln. Bei 'KS' lag die Toleranzgrenze bei ca. 1,0 bis 2,2% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,5 bis 3,5%. Die Müncheberger Klone wiesen eine Toleranzgrenze zwischen ca. 1,6 und 5,3% und eine Letalitätsgrenze zwischen ca. 1,8 und 5,5% Chlorid in der TS der Wurzel auf.

Die Toleranzgrenze wird in den Sprossen, im Vergleich mit den Blättern und Wurzeln, bei den geringsten Chloridgehalten erreicht. Die Klone aus Dresden-Pillnitz erreichten die Toleranzgrenze bei 0,3 bis 1,1% und die Letalitätsgrenze bei 0,7 bis 1,5% Chlorid in der Trockensubstanz der Sprosse. Bei 'KS' lag die Toleranzgrenze bei ca. 0,6 bis 1,2% und die Letalitätsgrenze bei ca. 1,4 bis 2,3%. Die Müncheberger Klone wiesen eine Toleranzgrenze zwischen ca. 0,9 und 3,3% und eine Letalitätsgrenze zwischen ca. 1,5 und 4,0% Chlorid in der TS der Sprosse auf.

Betrachtet man die Chloridgehalte in allen Pflanzenteilen, akkumulierten die Müncheberger Klone die deutlich höchsten Gehalte. Gleichzeitig liegt die Salzverträglichkeit dieser Klone, durch einen großen Toleranzbereich, deutlich über den Klonen aus Dresden-Pillnitz und auch über der 'KS'.

Nach BAR et al. (1998) wurden die Blattschädigungen bei *Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis* und *Citrus reshni* durch Cl^- -Ionen verursacht. Die erhöhte Toleranz von *Citrus reshni* gründet sich auf die beschränkte Chloridaufnahme und verzögerten Transport zu den Blättern, verbunden mit einer Widerstandsfähigkeit der Blätter gegen hohe Chloridgehalte. Betrachtet man die in den Gewächshausversuchen 2001 und 2003 mit dem geringsten Anteil abgestorbener Blätter deutlich signifikant überlegenen Klone M 1 und M 17, lassen sich die Beobachtungen von BAR et al. (1998) bestätigen. Die höhere Toleranz dieser beiden Klone zeigt sich in einer deutlich geringeren Chloridkonzentration in den Blättern, gegenüber den jeweils anderen untersuchten Klonen. Bei 400 mM NaCl im Versuch 2001 weist Klon M 17 einen Chloridgehalt in den Blättern von 3,76% auf. Dagegen war der Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' (5,6%) und Pi-Bu 4 (5,7%) deutlich höher. Im Vergleich dieser Werte mit den Anteilen abgestorbener Blätter weist Klon M 17 mit 15,2% nur einen geringen Anteil auf. Bei 'KS' (96%) und Pi-Bu 4 (100%) ist die Letalitätsgrenze bei dieser Konzentration schon deutlich überschritten. Im Versuch 2003 lag der Chloridgehalt der Blätter des Klones M1 zwischen 1,61% bei 200 mM NaCl. Demgegenüber war der Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' (2,46%) und Pi-Bu 2 (3,8%) wiederum deutlich höher. Im Vergleich dieser Werte mit den Anteilen abgestorbener Blätter ist der Anteil bei Klon M 1 mit 30,1% relativ gering. Bei 'KS' (51,9%) ist die Toleranzgrenze schon erreicht und bei Pi-Bu 2 (93,3%) ist die Letalitätsgrenze überschritten.

Nach DÖRING und LÜDDERS (1986) führte die Erhöhung der Wurzeltemperaturen bei erhöhter Salzkonzentration zur Erhöhung der Na^+ - und Cl^- -Gehalte in den Blättern und Sprossen von *Punica granatum*. WAHOME (1999) ermittelte in Versuchen mit *Rosa*

chinensis im Hochsommer einen höheren Chloridgehalt in den geschädigten Blättern als im Herbst. Gleichzeitig weist MARSCHNER (1993) für Gerste und Mais auf eine verbesserte Salztoleranz durch Erhöhung der Luftfeuchtigkeit hin. Diese Aussagen können, wie schon bei der Natriumakkumulation, mit den eigenen Versuchen bestätigt werden. Im Gewächshausversuch 2001, bei deutlich niedrigeren Temperaturen und höherer Luftfeuchtigkeit, war die Chloridakkumulation der Blätter und Sprosse bei 100 und 200 mM meist geringer als in den Versuchen 2002 und 2003, die, wie schon beschrieben, bei deutlich höheren Temperaturen durchgeführt wurden. Die Toleranzgrenze, z.B. von Klon M 21, lag im Versuch 2001 bei über 400 mM Na Cl und damit höher als 2002 und 2003, mit jeweils einer Belastungsstufe von nur 200 mM NaCl.

5.3 Charakterisierung von adulten selektierten *Pyrus*-Klonen mit Hilfe von morphologischen und genetischen Merkmalen

Für eine spätere Verwendung als Unterlage für den Erwerbsobstbau unter ariden Bedingungen in Ägypten, muss eine Prüfung der Kompatibilität zu den in Ägypten verwendeten Sorten erfolgen. Grundlage einer Sortenkompatibilitätsprüfung ist eine eindeutige Charakterisierung der ausgewählten Klone. Ein wichtiger Anhaltspunkt für eine eventuelle Kompatibilität ist die Kultur- oder Wildformnähe der entsprechenden Unterlage. Nach SCHWÄRZEL (2000) fanden solche wildbirnennahen Typen und primitiven Lokalsorten als Unterlage für den Streuobstbau im nordostdeutschen Tiefland Verwendung.

Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den am Standort Müncheberg ausgewählten Exemplaren um Anpflanzungen handelt. Die Bäume unterscheiden sich in ihren morphologischen Eigenschaften deutlich voneinander. Auch in den nicht ausführlich dargestellten phänologischen Merkmalen, wie Blattaustrieb und Blütezeit, konnten deutliche Unterschiede in den Jahren 2002 und 2003 erfasst werden.

Zur Bewertung der Klone wurden im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche, insbesondere morphologische Merkmale erfasst. Mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse wurden 16 morphologische Merkmale und Stadien der phänologischen Entwicklung hinsichtlich ihrer Trennstärke für eine Differenzierung von Wild- und Kulturbirnen gewichtet (siehe Tab. 48). Für die Einordnung in Kultur- oder Wildformen der ausgewählten Bäume erwiesen sich die Merkmale Fruchthöhe, Fruchtform, Fruchtstielstärke, sowie das Verhältnis aus Fruchthöhe und Fruchtbreite als besonderes geeignet.

Diese Merkmale wurden gleichfalls von WAGNER (1996) für die Unterscheidung von Wild- und Kulturformen herausgestellt. Eine Ausnahme bildet die Fruchtstielstärke, welche von WAGNER (1996) nicht als signifikantes Merkmal für die Differenzierung von Wild- und Kulturbirne angesehen wird.

Die große Variabilität der Merkmale innerhalb einer Art, der frühe Züchtungsbeginn, die leichte Bastardierung zwischen Arten der Gattung *Pyrus* und spontane Hybridisierung zwischen Kultursorten, haben nach WAGNER (1996) zu vielfältigen Kombinationen des genetischen Materials geführt. Fließende Übergänge in der Phänologie von Wildbirne, Kulturbirne und deren Hybriden sind die Folge.

KÜHN (1999) weist auf die Veränderlichkeit der beobachteten Merkmale hin, die stark vom Witterungsverlauf abhängig sind. Deshalb ist nicht nur ein einziges Merkmal ausschlaggebend, sondern alle nicht der Kulturform zuzurechnenden Merkmale, die zu einem kombinierten Phänotyp „Wildbirne“ zusammengefasst werden.

Die Untersuchungen der Blattvermessungen ergaben nur für Baum M 10 Spreitenlängen von durchschnittlich 6,8 cm, welche nach WAGNER (1996) dem Typ einer Kulturbirne entsprechen. Echte Kulturbirnen sollten jedoch Spreitenlängen von >7 cm aus-

bilden, so dass nach diesem Merkmal nur als kulturbirnennahe Form eingestuft werden kann.

Nach WAGNER (1996) und KÜHN (1999) bilden Wildbirnen rundliche bis rundlich-eiförmige Blätter aus. Betrachtet man die ausgewählten Bäume nur anhand dieses Merkmals würde nur Baum M 17 in der Blattform dem Wildbirnentyp entsprechen.

Exemplare, die wegen ihrer Fruchthöhe als Kulturbirnen (M 1, M 10, M 10 links) angesprochen wurden, wiesen Werte von 3,5 bis 7 cm auf. Die wildbirnennahen Formen (M 17, M 19, M 21) hatten nur Fruchthöhen von 1,5 bis 3,8 cm.

Aus dem Verhältnis zwischen Fruchthöhe und Fruchtbreite kann sehr gut auf die Fruchtform geschlossen werden. Beträgt dieser Quotient weniger als 0,9 handelt es sich um rundliche, apfelförmige Formen.

Nach ENDTMANN (1999) bilden Wildbirnen rundliche bis apfelförmige Früchte aus. Im Bereich von 0,9 bis 1,1 sind Übergangsformen zwischen rundlichen und birnenförmigen Früchten vorhanden. Bei einem Wert von $>1,1$ sind typische birnenförmige Früchte ausgeprägt.

Das Verhältnis von Blattstiellänge zu Spreitenlänge konnte nicht zur Abgrenzung der Kultur- und Wildformen herangezogen werden. Nach ENDTMANN (1999) kann der Blattstiel kein Differenzierungsmerkmal sein, weil seine Länge hauptsächlich von der Stellung des Blattes am Zweig abhängt.

Die in der Klassifizierung als Kulturform eingeordneten Typen M 1, M 10 und M 10 links konnten Sorten bzw. Sortentypen zugeordnet werden. Da die Klone nicht immer in allen Merkmalen der jeweiligen Sorte entsprachen, sollte eine weitere Überprüfung der Sortenmerkmale durchgeführt werden. Dazu müsste ein Vergleich mit den vermeintlichen Sorten, falls noch erhältlich, an einem Versuchsstandort durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit der Sortenidentifizierung bietet der Einsatz genetischer Marker für Kulturbirnensorten (STARK-URNAU 2002).

Im Mittelpunkt der genetischen Untersuchungen, mit Hilfe von Isoenzymanalysen, stand die Frage, ob es sich bei Klon M 1 (Sorte bzw. Unterlage) um eine Sorten-Unterlagen-Kombination handelt. Mit den zur Verfügung stehenden Enzymsystemen konnte eine Identität beider Proben nachgewiesen werden. Damit handelt es sich bei Klon M 1 (Sorte) um keine aufveredelte Sorte. Bei den anderen ausgewählten Klonen ist gleichfalls nicht von Veredlungen auszugehen.

Neben den großen phänotypischen Unterschieden zwischen den ausgewählten Klonen, existieren gleichfalls große genotypische Unterschiede. Aufgrund dieser genetischen Heterogenität können Inzuchtdepressionen ausgeschlossen werden.

Eine Möglichkeit der Identifizierung von Wild- und Kulturformen mit Hilfe der vorhandenen Isoenzymmarker scheint aufgrund der großen Variabilität an den untersuchten Genorten nicht möglich zu sein. Eine Einordnung in Wild- oder Kulturformennähe war jedoch mit der oben beschriebenen multivariaten Auswertung morphologischer Merkmale möglich.

Ob ein hoher Heterozygotiegrad als wichtiges Merkmal für die Wildbirnennähe tauglich ist, konnte wegen des nur sehr geringen Probenumfangs nicht nachgewiesen werden.

Fazit

- Mit der Arbeit wird ein methodisch wertvoller Beitrag zur In-vitro-Vermehrung adulter Laubgehölze und zur Salzstessprüfung in vitro und in vivo bei Gehölzen geleistet.
- Die In-vitro-Vermehrung adulter *Pyrus* konnte erfolgreich optimiert werden. Es wurde ein universelles, genotypenspezifisches Medium für die Etablierung, Vermehrung und Bewurzelung entwickelt. Die adulten Klone zeigten ähnlich hohe Vermehrungsraten wie die juvenilen Vergleichsklone.
- Die In-vitro-Salzstessprüfung verschiedener *Pyrus*-Genotypen erwies sich als brauchbarer Schnelltest zur Feststellung der genotypspezifischen Reaktion auf NaCl-Belastung. Nur weiterführende Untersuchungen in vivo können jedoch eine zuverlässige endgültige Beurteilung der Salztoleranz der vorausgewählten Klone ermöglichen, wie der Vergleich der beiden Untersuchungskomplexe ergab.
- Gegenüber der Standardunterlage 'Kirchensaller Mostbirne' weisen die Müncheberger Klone eine signifikant höhere Salztoleranz auf. Die als salztolerant eingeschätzten Kreuzungsprodukte der Naumburg-Pillnitzer-Birnenunterlagenzüchtung aus Dresden-Pillnitz erfüllten die Erwartungen nicht. Sie wiesen eine signifikant geringere Salztoleranz als die Standardunterlage 'Kirchensaller Mostbirne' auf.
- Die genotypspezifische Toleranzreaktion von *Pyrus* auf Salzstress, verbunden mit Speichermechanismen in der Wurzel, bzw. einer verminderten Aufnahme und eines reduzierten Transportes von Na^+ und Cl^- in andere Pflanzenteile wie Spross und Blätter, konnte nicht 100%ig erklärt werden. In der Familie der Rosaceae ergeben sich in der Literatur ähnliche übereinstimmende Mechanismen einer genotypspezifischen Salztoleranz.
- Mit den Müncheberger Klonen M 1, M 17, M 10 links und M 21 wurden Genotypen gefunden, welche für weitere Anbauversuche in Ägypten unbedingt zu empfehlen sind.
- Die Sortenkompatibilität und Standorteignung der Müncheberger Klone für die Verwendung als Unterlagen für den Birnenanbau unter salinen Bedingungen in Ägypten muss noch überprüft werden.

6 Zusammenfassung

Wegen der außerordentlichen Bedeutung der Birne als Obst in Ägypten war es notwendig, die Kenntnisse über die Reaktionen von Birnenunterlagen und -sorten auf Salzstress zu erweitern. Dabei sind die Salzbelastungen des Bodens für den Anbau ein stark einschränkender Faktor. Die zentrale Aufgabe der Arbeit lag darin, Unterschiede in der Reaktion von *Pyrus*-Klonen auf Salzstress nachzuweisen, um salztolerante Klone zur Verwendung als Unterlage für den Birnenanbau in Ägypten auszuwählen.

Es wurden 7 Klone von Trockenstandorten aus dem Naturpark "Märkische Schweiz" und 5 Klone aus Kreuzungen verschiedener *Pyrus*-Arten aus Dresden-Pillnitz neben dem Standard 'Kirchensaller Mostbirne' unter Salzstress (NaCl) geprüft.

In Vorversuchen konnte ein optimales Vermehrungsmedium für die In-vitro-Vermehrung adulter *Pyrus*-Klone erarbeitet werden. Die adulten *Pyrus*-Klone wurden erfolgreich in vitro etabliert und vermehrt. Die Regenerationsrate schwankte bei den Klonen zwischen 33,3 und 100%. Gleichzeitig diente dieses Vermehrungsmedium als stabiles Grundmedium für die folgenden Salzstressuntersuchungen in vitro.

Die Sprosse der einzelnen Klone zeigten in vitro unterschiedliche Bewurzelungsraten in Abhängigkeit von den Bewurzelungsmedien. Die Spannweite lag zwischen 26,2 und 100%.

Die NaCl-Behandlung zur Untersuchung der Salztoleranz erfolgte in Gefäßversuchen, im Gewächshaus und in der Klimakammer, in den Stufen 0, 100, 200, 300, 400 und 600 mM NaCl. Parallel dazu wurden Salzstressuntersuchungen an den in vitro vermehrten *Pyrus*-Klonen in den Behandlungsstufen 0, 25, 50, 75, 100 und 200 mM NaCl auf dem in Vorversuchen optimierten Vermehrungsmedium VM 1 durchgeführt.

Für die Vergleichbarkeit der Untersuchungen wurde eine Toleranz- und Letalitätsgrenze definiert. Die Toleranzgrenze liegt in den In-vitro-Versuchen bei einer Absterberate von bis zu 50%, die Letalitätsgrenze bei einer Absterberate von über 80% abgestorbener Sprosse. Analog wurde in den Gefäßversuchen die Toleranz- und Letalitätsgrenze definiert. Die Toleranzgrenze liegt bei einem Anteil von bis zu 50%, die Letalitätsgrenze bei einem Anteil von über 80% abgestorbener Blätter.

Die In-vitro-Pflanzen zeigten nach ca. 2 Wochen Behandlungsdauer die ersten Blattschädigungen (Nekrosen). Die Blattschäden traten bei den In-vitro-Pflanzen früher auf als unter Ex-vitro-Bedingungen. Die Zugabe von NaCl führte zur Reduzierung der Sprosslängen aller Klone in allen Versuchsjahren. Alle in vitro untersuchten Klone zeigten bei einer Belastung mit 25 mM NaCl noch eine positive Vermehrungsrate in allen Versuchen. Die Toleranzgrenze wurde bei den In-vitro-Versuchen bei einer Belastung zwischen 50 und 75 mM NaCl erreicht, was sich in einer negativen Vermehrungsrate (<1) niederschlug. Bei einer Belastung von 100 mM NaCl erreichte man in der Regel bei den In-vitro-Versuchen die Letalitätsgrenze, Folge war ein über 80%iges Absterben der Sprosse. Eine Ausnahme bildete Klon M 1 bei dieser Konzentration, wo im Versuch 2002 etwa nur 40% der Sprosse abgestorben waren. Es konnte die Tauglichkeit der In-vitro-Salzstressprüfung als Schnelltest für *Pyrus* nachgewiesen werden.

In den Gefäßversuchen wurde zunächst die genotypspezifische Reaktion der Klone auf NaCl-Belastung bei der Blattschädigung verfolgt. Die ersten Blattschädigungen (Nekrosen) traten meist drei Wochen nach Beginn der Belastung auf. In den Untersuchungen zeigten die Klone eine unterschiedliche Verträglichkeit auf die Salzbelastung. Die Toleranzgrenze wurde in allen Versuchen bei den Klonen aus Dresden-Pillnitz und der 'Kirchensaller Mostbirne' bei einer Belastung von 100 bis 200 mM NaCl erreicht. Die Klone aus dem Naturpark "Märkische Schweiz" zeigten die höchsten Ver-

träglichkeiten in allen Versuchen. Die Toleranzgrenze wurde bei diesen Klonen größtenteils bei einer Belastung von 200 bis 400 mM NaCl erreicht. Nach dem Überschreiten der Toleranzgrenze erreichten die Klone in der jeweils nächst höheren Belastungsstufe in der Regel die Letalitätsgrenze. Signifikant überlegen zeigten sich in verschiedenen Versuchen die Klone M 1, M 17, M 10 links und M 21.

Vergleicht man den in Bezug auf Überlebensrate und Blattschädigungen im In-vitro-Versuch signifikant überlegenen Klon M 1 mit dem Gewächshausversuch 2003, zeigt sich hier gleichfalls eine signifikante Überlegenheit im sehr geringen Anteil abgestorbener Blätter in allen Konzentrationsstufen. Die hohe Salztoleranz von Klon M 1 wird daran sichtbar, dass die Toleranzgrenze erst bei 300 mM mit 60% abgestorbener Blätter überschritten wurde. Das erfasste Merkmal "Blattschädigungen" ist für die Feststellung einer genotypspezifischen Salztoleranz bei der Gattung *Pyrus* geeignet.

Im Vergleich der Versuche, bezüglich des Merkmals Triebzuwachs, wurden mit zunehmender Salzbelastung keine eindeutigen Korrelationen zwischen den Klonen sichtbar. Deshalb kommt dem Triebzuwachs als Merkmal für die Feststellung einer genotypspezifischen Salztoleranz von *Pyrus*-Klonen nur eine geringe Bedeutung zu.

In allen Untersuchungen war der Natriumgehalt in den Pflanzenteilen geringer als der Chloridgehalt. Es gab zwischen den Klonen in den eigenen Versuchen eine sehr große Variation bis zum Erreichen der Letalitätsgrenze. Die toxische Wirkung von Natrium bei *Pyrus*-Klonen wurde in den Blättern von 1,0 bis 2,5%, in den Wurzeln von 0,5 bis 2,4% und in den Sprossen von 0,3 bis 1,8% Na⁺ in der Trockensubstanz erreicht.

Eine toxische Wirkung von Chlorid wurde in den Blättern von 2,1 bis 5,7%, in den Wurzeln von 1,5 bis 5,3% und in den Sprossen von 0,7 bis 4,0% Cl⁻ in der Trockensubstanz erreicht.

In den Versuchen ergab sich in der Regel eine deutlich höhere Chloridkonzentration in den Wurzeln gegenüber den Sprossen. Die Wurzel, als Speicherorgan für Chlorid, scheint eine bedeutende Funktion für die Erhöhung der Salztoleranz zu haben. Bemerkenswert ist der intakte Speichermechanismus von Klon M 17. Die kaum geschädigten Pflanzen dieses Klones wiesen bei 400 mM NaCl einen ca. vierfachen Chloridgehalt in der Wurzel von 4,0% gegenüber dem Spross mit 1,16% auf. Mit Überschreiten der Letalitätsgrenze wird der Speichermechanismus der Wurzel außer Funktion gesetzt.

Die Klimabedingungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Salztoleranz. Die geringsten Blattschädigungen wurden im Gewächshausversuch 2001, bei geringeren Durchschnittstemperaturen mit 17,3°C und höherer Luftfeuchtigkeit 79% bei allen untersuchten Klonen festgestellt. Im Vergleich dazu zeigen sich in den Versuchen 2002 (24,2°C, 68,7%) und 2003 (25,7°C, 57%) deutlich höhere Blattschädigungen.

Mit Hilfe morphologischer Merkmale und genetischer Untersuchungen wurden die Klone des Naturparks "Märkische Schweiz" bewertet. Auf Grundlage dieser Untersuchungen sollte eine Charakterisierung dieser Klone und eine Einordnung in Kultur- oder Wildbirnennähe erfolgen, um die mögliche Kompatibilität dieser Klone zur Verwendung als Unterlage besser beurteilen zu können. Als wichtigste Unterscheidungsmerkmale wurden die Fruchthöhe, Fruchtstielstärke, Fruchtform und das Verhältnis aus Fruchthöhe und Fruchtbreite herausgestellt. Die Klassifizierung der Klone ergab 2 Bäume, die der Wildbirne sehr nahe stehen. Ein Baum kann als Zwischenform, die restlichen als Kulturformen angesehen werden. Die Isoenzymanalyse ergab, dass die ausgewählten Bäume untereinander eine große genetische Heterogenität aufweisen. Voll- bzw. Halbgeschwisterfamilien mit sehr wenigen Eltern können ausgeschlossen werden.

Mit der Arbeit wird ein methodisch wertvoller Beitrag zur In-vitro-Vermehrung adulter Laubgehölze und zur Salzstessprüfung in vitro und in vivo bei Gehölzen geleistet. Gegenüber der Standardunterlage 'Kirchensaller Mostbirne' weisen die Klone aus dem Naturpark "Märkische Schweiz" eine signifikant höhere Salztoleranz auf. Die als salztolerant eingeschätzten Kreuzungsprodukte der Naumburg-Pillnitzer-Birnenunterlagenzüchtung aus Dresden-Pillnitz erfüllten die Erwartungen nicht. Sie wiesen eine signifikant geringere Salztoleranz als die Standardunterlage 'Kirchensaller Mostbirne' auf.

Mit den Klonen M 1, M 17, M 10 links und M 21 wurden Genotypen gefunden, welche für weitere Anbauversuche in Ägypten unbedingt zu empfehlen sind. Die Sortenkompatibilität und Standorteignung der Müncheberger Klone für die Verwendung als Unterlagen für den Birnenanbau in Ägypten muss noch überprüft werden.

Literaturverzeichnis

- Ali, G.; Srivastava, P. S. & Iqbal, M. (1999): Proline accumulation, protein pattern and photosynthesis in *Bacopa monniera* regenerants grown under NaCl stress. *Biologia Plantarum*. 42: 89-95.
- Al-Maarri, K.; Arnaud, Y. & Miginiac, E. (1994): Micropropagation of *Pyrus communis* cultivar 'Passe Crassane' seedlings and cultivar 'Williams': factors affecting root formation in vitro and ex vitro. *Sci. Hort.* 58: 207-214.
- Amberger, A. (1988): Pflanzenernährung. E. Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage.
- Anonymus (2001): Annual Report of statistical Institute and Agricultural Economics Research in Egypt. 6-9.
- Artemeyer, D. & Alt, D. (1996): Wirkung von Natriumchlorid auf *Prunus laurocerasus* und *Thuja occidentalis*. *Baumschulpraxis*. 5: 197-200.
- BALLESTROS, E.; BLUMWALD, E.; DONAIRE, J. P. & BELVER, A. (1997): Na⁺/ H⁺ antiport activity in tonoplast vesicles isolated from sunflower roots induced by NaCl stress. *Physiol. Plant.* 99: 328-334.
- Banuls, J. & Primo-Millo, E. (1995): Effect of salinity on some Citrus scion-rootstock combinations. *Ann Bot.* 76: 97-102.
- Bar, Y.; Apfelbaum, A.; Kafkafi, U. & Goren, R. (1998): Ethylene association with chloridstress in *Citrus* plants. *Sci. Hort.* 73: 99-109.
- Bergmann, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer. Jena. Stuttgart.
- Bergmann, W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Gustav Fischer. Jena. Stuttgart.
- Bergmann, F.; Maurer, W. & Heilmann, H. J. (1993): Die Stärkegel-Elektrophorese. Renaissance eines klassischen Verfahrens, Teil II: Praktische Durchführung. *Biomol im Dialog* 6: 1-7.
- Bernstein, L. & Hayard, H. E. (1958): Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9: 25-46.
- Bernstein, L. (1975): Effect of salinity and sodicity on plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 13: 295-312.
- Bielorai, H.; Shalhevet, J. & Levy, Y. (1983): The effect of high sodium irrigation water on soil salinity of nature grapefruit orchard. *Irrig. Sci.* 4: 255-266.
- Bhojwani, S. S.; Mullins, K. & Cohen, D. (1984): In vitro propagation of *Pyrus pyrifolia*. *Sci. Hort.* 23: 247-254.
- Bourgeais-Chaillou, P. & Guerrier, G. (1992): Salt responses in *Lycopersicon esculentum* Calli. and whole plants. *J. Plant Physiol.* 140: 494-501.
- Cachorro, P.; Ortiz, A. & Cerdá, A. (1993): Growth, water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* L. under saline conditions. *Plant Sci.* 95: 23-29.
- Chapman, V. J. (1974): Salt marches and salt deserts of the world. Cramer, Lehrte.
- Chartzoulakis, K. S. (1994): Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to saltstress. *Sci. Hort.* 59: 27-35.
- Chartzoulakis, K. & Klapaki, G. (2000): Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hort.* 86: 247-260.
- Chesseman, J. M. (1988): Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol.* 87: 547-550.
- Chevreau, E.; Skirvin, R. M. H.; Abu-Qaoud, A.; Korban, S. S. & Sullivan, J. G. (1989): Adventitious shoot regeneration from leaf tissue of three pear (*Pyrus* sp.) cultivars in vitro. *Plant Cell Reports*. 7: 688-691.

- Chevreau, E & Leblay, C. (1993): The effect of mother plant pretreatment and explant choice on regeneration from in vitro pear leaves. *Acta Hortic.* 336: 263-272.
- Dinar-Ali, M. H.; Ebert, G. & Lüdders, P. (1998): Biomass production and partitioning of Guava (*Psidium guajava* L.) in response to salinity and nitrogen nutrition. *Angew. Bot.* 72: 56-60.
- Dinkelberg, W. (1990): Einfluss jahreszeitlich unterschiedlicher Na-Belastung auf Photosynthese, Transpiration und Fruchtqualität von Apfelbäumen. Diss., TU-Berlin.
- Döring, J. & Lüdders, P. (1986): Einfluss unterschiedlich hoher Salzgaben auf *Punica granatum* L. bei verschiedenen Wurzelttemperaturen. *Gartenbauwiss.* 52: 92-96.
- Döring, J. & Lüdders, P. (1987): Einfluss von Na-, Cl- und SO₄-Gehalt in Blättern, Trieben und Wurzeln von *Punica granatum*. *Gartenbauwiss.* 52: 26-31.
- Downton, W. J. S. (1978): Growth and flowering in salt-stressed avocado trees. *Aus. J. Agric. Res.* 29: 523-534.
- El-Bassam, N. (1967): Vegetationsversuche zur Wirkung verschiedener Salze und Salzkonzentrationen im Bewässerungswasser. Diss., Uni Bonn.
- El-Siddig, K. & Lüdders, P. (1994): Interactive effects of salinity and nitrogen nutrition on vegetative growth of apple trees. *Gartenbauwiss.* 59: 58-61.
- Endtmann, K. J. (1999): Taxonomie und Naturschutz der Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*) und mit ihr verwandter Sippen. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch. ökol.* 33, Nr. 3: 123-131.
- Faggioli, F.; Martino, L. & Barba, M. (1997): In vitro micrografting of *Pyrus communis* shoot tips. *Adv. Hort. Sci.* 11: 25-29.
- Feuerhahn, B. (2000): Regeneration adulter *Malus*-Unterlagen. Diss., Humboldt-Universität zu Berlin.
- Fischer, M. (2003): Naumburg-Pillnitzer Birnenunterlagen-Neuzüchtung im Test. *Obstbau* 10/2003: 498-500.
- Flowers, T. J.; Troke, P. F. & Yeo, A. R. (1977): The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
- Francois, L. E. (1982): Salt tolerance of eight ornamental tree species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 66-68.
- Gausman, H. W.; Baur, P. S.; Porterfield, M. P. & Cardenas, R. (1972): Effects of salts treatments of cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) on leaf mesophyll cell microstructure. *Agronomy Journal.* 64: 133-136.
- Graifenberg, A.; Giustiniani, L.; Temperini, O. & Lipucci Di Paola, M. (1995): Allocation of Na⁺, Cl⁻, K⁺ and Ca⁺ within plant tissues in globe artichoke (*Cynara scolymus*) under saline-sodic conditions. *Sci. Hort.* 63: 1-10.
- Gosegarten, L. (2001): Einfluss von Trocken- und Salzstress auf die Ertragsbildung, die CO₂-Assimilation, das Phytohormonsystem und die Konzentration an Mineralstoffen bei verschiedenen Kulturpflanzen. Diss., Universität Giessen.
- Greenway, H. & Munns, R. (1980): Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.
- Große, A. & Ünlü, H. (2002): Auswirkung von Natriumchlorid und Natriumnitrat auf die Photosynthese von Gerste (*Hordeum vulgare*). *Ökophysiologie der Pflanzen*. Institut für Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie der FU-Berlin.
- Hartmann, W. (2001): Alte Sorten gesucht: 'Schmalzbirne von Brest' und 'Sommerhonigbirne'. *Obst und Garten*. Nr. 9: S. 341.
- Hassan, M. M.; Seif, S. A. & Morsi, M. E. (2000): Salt tolerance of Olive trees. *Egypt. J. Hort.* 27: 105-116.
- Helal, H. M. & Mengel, K. (1981): Interaction between light intensity and NaCl salinity and their effects on growth, CO₂ assimilation and photosynthetic conversion in young broad beans. *Plant Physiol.* 67, 999-1002.
- Heuer, B. & Nadler, A. (1998): Physiological responses of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Sci.* 137: 43-51.

- Hoffman, G. J. & Rawlins, S. L. (1970): Growth and water potential of root crops as influenced by salinity and relative humidity. *Agron. J.* 63: 877-880.
- Hopskins, W. G. (1995): Introduction to plant physiology. John Wiley and sons. New York.
- Hughes, H. E. & Hanan, J. J. (1978): Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 694-699.
- Jahn, F. (Hrsg.) (1860): Illustriertes Handbuch der Obstkunde. Band 2: Birnen, Ulmer, Ravensburg.
- Jones, O. P. & Webster, C. A. (1989): Improved rooting from conventional cuttings taken from micro-propagated plants of *Pyrus communis* rootstocks. *J. Hort. Sci.* 64: 429-434.
- Kadman, A. (1963): The uptake and accumulation of chloride in avocado leaves and the tolerance of avocado seedlings under saline conditions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 83: 280-286.
- Kaminski, V. & Lüdders, P. (1989): Einfluss von NaCl auf vegetatives Wachstum von *Ficus carica* L. bei unterschiedlicher relativer Luftfeuchte. *Gartenbauwissenschaft* 54: 58-61.
- Kim, Z. S. (1979): Inheritance of leucine aminopeptidase and acid phosphatase isozymes in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Silvae Genetica* 28: 68-71.
- Kim, Z. S. (1985): Viability selection at an allozyme locus during development in European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Silvae Genetica* 34: 181-185.
- Koloc, R. (1958): Wir zeigen Birnensorten und werten deren Eigenschaften. Neumann Verlag, Radebeul.
- Kretschmer, H.; Pfeffer, H. & Hoffmann, J. (1995): Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands. Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. In: ZALF-Bericht Nr. 19, Müncheberg.
- Krüssmann, G. (1997): Die Baumschule. 7. Aufl. Parey, Berlin.
- Kühn, R. (1998): Charakteristisches vom Holzobst für den forstlichen Praktiker. In: Berichte aus der Bayrischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft. Nr. 23: Bei-träge zur Wildbirne: 15-26.
- Kunneman, B. P. A. M & Albers, M. R. J. (1992): Effects of tissue culture and acclimatization conditions on the survival and growth of rooted and unrooted *Malus* and *Pyrus* microcuttings. *Acta Horti.* 314: 147-154.
- Lane, W. D. (1979): Regeneration of pear plants from shoot meristem-tips. *Plant Science Letters.* 16: 337-342.
- Läuchli, A. (1979): Regulation des Salztransportes und der Salzausschließung in Glykophyten und Halophyten. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 92: 87-94.
- Larcher, W. (1984): Ökologie der Pflanzen. E. Ulmer, Stuttgart, 4. Auflage.
- Larcher, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. E. Ulmer, Stuttgart.
- Leblay-Pinet, C.; Turpin, F. X. & Chevreau, E. (1992): Effect of gamma and ultraviolet irradiation on adventitious regeneration from in vitro cultured pear leaves. *Euphytica.* 62: 225-233.
- Lessani, H. & Marschner, H. (1978): Relation between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. *Aus. J. Plant Physiol.* 5: 27-27.
- Lyr, H.; Fielder, H. J. & Tranquillin, W. (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer. Jena. Stuttgart.
- Märkischer Obstbau Verein (Hrsg.) (1890): Verzeichnis der zum Anbau in der Provinz Brandenburg geeigneten Obstsorten. Hofbuchdruckerei Gebr. Radetzki, Berlin.
- Marschner, H. (1993): Mineral nutrition of higher plants. Acad. Press, London.
- Matar, Y.; Döring, H. W. & Marschner, H. (1975): Auswirkung von NaCl und Na₂SO₄ auf Substanzbildung, Mineralstoffgehalt und Inhaltsstoffe bei Spinat und Salat. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 138: 295-307.
- McWilliam, J. R. (1986): The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. *Aus. J. Plant Physiol.* 13: 1-14.

- Meiri, A. & Shalhevet, J. (1973): Crop growth under saline conditions. In: Yaron, B.; Danfors, E. & Vaa-dia, A. : Arid zone irrigation. Springer. Berlin.
- Mengel, K. (1979): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer. Stuttgart, New York. 5. Auflage: 268-271.
- Morabito, D.; Mills, D.; Prat, D. & Dizengremel, P. (1994): Response of clones of *Eucalyptus microtheca* to NaCl in vitro. *Tree Physiology*. 14: 201-210.
- Morpurgo, R. (1991): Correlation between potato clones in vivo and in vitro under sodium chloride stress conditions. *Plant Breed*. 107: 80-82.
- Müller-Starck, G. (1985): Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches (*Fagus sylvatica* L.) in an environmentally stressed adult forest stand. *Silvae Genetica* 34: 230-241.
- Müller-Starck, G. & Ziehe, M. (1991): Genetic variation in populations of *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl. in Germany. In: Müller-Starck, G. & Ziehe, M. (eds): Genetic variation in european populations of forest trees. Frankfurt a. M.: 125-140.
- Murashige, T. & Skoog, F. (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 15: 473-497.
- Murphy, R. W.; Sittes, J. W. jr; Buth, G. B. & Haufler, C. H. (1996): Proteins. Isozyme elektrophoresis (Chapter 4). In: Hillis, D. M.; Moritz, C. & Mable, B. K. (eds.): Molecular systematics. Second Edition. Sunderland, Massachusetts: 51-120.
- Nadosy, F. (1997): Micropropagation of pear rootstocks. *Horti. Sci*. 29: 17-21.
- Naik, P. S. & Widholm, J. M. (1993): Comparison of tissue culture and whole plant to response to salinity in potato. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 33: 273-280.
- Nakamura, T.; Osaki, M.; Ando, M. & Tadano, T. (1996): Differences in mechanisms of salt tolerance between rice and barley plants. *Soil Sci. Plant Nutr*. 42: 303-314.
- Nandwani, D; Zehr, U. B.; Zehr, E. & Barwale, R. B. (2000): Mass propagation and ex vitro survival of banana cv. 'Basrai' through tissue culture. *Gartenbauwissenschaft*. 65: 237-240.
- Nieman, R. H. & Poulsen, L. L. (1967): Interactive effects of salinity and atmospheric humidity on the growth of bean and cotton plants. *Bot. Gaz*. 128: 69-73.
- Niino, T.; Sakai, A.; Yahuwa, H. & Norjiri, K. (1992): Cryopreservation of in vitro grown shoot tips of apple and pear vitrification. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 28: 261-266.
- Ochoa-Alejo, N. & Lopez-Gutierrez, F. (1987): Effects of light and NaCl salinity on the growth of callus cultures of *Ipomoea pes-caprae* and *Ipomoea batatas*. *Ann. Bot*. 59: 495-497.
- Oka, S.; Yakuwa, H.; Sato, K. & Niino, T. (1991): Survival and shoot formation in vitro of pear winter buds cryopreserved in liquid nitrogen. *Hortscience*. 26: 65-66.
- Okubo, M. & Sakuratani, T. (2000): Effects of sodium chloride on survival and stem elongation of two Asian pear rootstocks seedlings. *Sci. Hort*. 85: 85-90.
- Olmos, E. & Hellin, E. (1996 a): Cellular adaptation from a salt-tolerant cell line of *Pisum sativum*. *J. Plant Physiol*. 148: 727-734.
- Olmos, E. & Hellin, E. (1996 b): Mechanisms of salt tolerance in a cell line of *Pisum sativum*: Biochemical and physiological aspects. *Plant Sci*. 120: 37-45.
- Pardossi, A.; Malorgio, F. & Tognomi, F. (1999): Salt tolerance and mineral relations for celery. *J. Plant Nutr*. 22: 151-161.
- Perez-Alfocea, F.; Balibrea, M. E.; Santa-Cruz, A. & Estan, M. T. (1996): Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil*. 180: 251-257.
- Perez-Alfocea, F.; Santa-Cruz, A.; Guerrier, G. & Bolarin, M. C. (1994): NaCl stress-induced organic solute changes on leaves and calli of *Lycopersicon esculentum*, *L. pennellii* and their interspecific hybrid. *J. Plant Physiol*. 143: 106-111.
- Ponchia, G. & Gardiman, M. (1993): The micropropagation and post-acclimation growth of *Prunus laurocerasus* L. cv. 'Otto Luyken': additional findings. *Adv. Hort. Sci*. 7: 11-14.
- Predieri, S.; Malavasi, F. F. F.; Passey, A. J. M.; Ridout, S. & James, D. J. (1989): Regeneration from in vitro leaves of 'Conference' and other pear cultivars (*Pyrus communis* L.). *J. Horti. Sci*. 64: 553-559.

- Rains, D. W. (1972): Salt transport by plants in relation to salinity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 367-388.
- Rida, A. S.; Ajlouni, M. M. & Obeidat, A. (2000): Direct regeneration from wild pear (*Pyrus syriaca*) leaf explants. *Adv. Hort. Sci.* 14: 12-18.
- Risse, I. & Schenk, M. (1990): Einfluss von Cl⁻, Na⁺ und SO₄ im Gießwasser auf das Wachstum von Azaleen. *Gartenbauwiss.* 55: 252-258.
- Sanchez-Garcia, F.; Jifon, J. L.; Carvajal, M. & Syversten, J. P. (2002): Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. *Plant Sci.* 162: 705-712.
- Sanjuan, R. D.; Mok, W. S. & Mok, M. C. (1990): Micropropagation of *Pyrus* and *Cydonia* and their responses to Fe-limiting conditions. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 21: 191-199.
- Schatz, T. (2000): Untersuchungen zur holozänen Landschaftsentwicklung in Norddeutschland. In: ZALF Bericht Nr. 41. Münchenberg.
- Scheffer, F. & Schachtsschnabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl./ neubear. und erw. von Blume, H.-P., S. 593.
- Schleif, U. & Finck, A. (1976): Untersuchungen zur Bedeutung des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen für ihre Salztoleranz. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 139: 281-292.
- Schmutz, U. & Lüdders, P. (1998): Effect of NaCl salinity and different root zone temperatures on growth and mineral composition of two mango rootstocks (*Mangifera indica* L.). *Angew. Bot.* 72: 131-135.
- Scholz, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs. Potsdam.
- Schreiner, M. (1991): Einfluss der Salinität auf die Apfelsorte 'Golden Delicious' bei unterschiedlicher Kaliumernährung. Diss., TU-Berlin.
- Schwärzel, H. (2000): Untersuchungen zur Kriterien der Standort- und Gehölzauswahl bei extensiven Anpflanzungen von Obstbäumen. Diss., Humboldt-Universität zu Berlin.
- Sergio, J. O. & Caso, O. H. (1986): Shoot regeneration from leaf mesophyll protoplast of wild pear (*Pyrus communis* var. *pyraster* L.). *J. plant physiol.* 122: 243-249.
- Shannon, M. C & Grieve, C. M. (1999): Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hort.* 78, 5-38.
- Shibli, R. A.; Ajlouni, M. M.; Jaradat, A.; Aljanabi, S. & Shatnawi, M. (1997): Micropropagation in wild pear (*Pyrus syriaca*). *Sci. Hort.* 68: 237-242.
- Shonjani, S. (2002): Die Auswirkung von Salzstress auf das keimende Saatgut. Universität Giessen.
- Singha, S.; Townsend, E. C. & Oberly, G. H. (1990): Mineral nutrient of crabapple and pear shoots cultured on varying concentrations of three commercial agars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 407-411.
- Smithies, O. (1955): Zone electrophoresis in starch gels: Group variations in the serum proteins of normal individuals. *Biochem J.* 61: 629-641.
- Smith, M. K. & Drew, R. A. (1990): Current applications of tissue cultures in plant propagation and improvement. *Aus. J. Plant Physiol.* 17: S. 267.
- Soylu, M. (1987): Einfluss unterschiedlich hoher Na⁺-Konzentrationen auf das vegetative Wachstum, Mineralstoffwechsel und Fruchtqualität der Apfelsorte 'Golden Delicious'. Diss., TU-Berlin.
- Soylu, M. & Lüdders, P. (1988): Einfluss unterschiedlich hoher Na⁺-Konzentrationen auf das vegetative Wachstum der Apfelsorte 'Golden Delicious'. *Gartenbauwiss.* 53: 253-257.
- Stark-Urnau, M. (2002): RAPD-Marker bei *Malus x domestica* (Apfel) und *Pyrus communis* (Birne) als Mittel zur Sortenidentifizierung-Teil II: *Pyrus communis* (Birne). *Erwerbsobstbau* 44: 167-171.
- Storey, R. & Walker, R. R. (1999): Citrus and salinity. *Sci. Hort.* 78: 39-81.
- Strogonov, B. P. (1964): Physiological basis of salt tolerance of plants. *Acid. Sci. USSR.*, Davey and Co., New York.

- Tawfik, A. A. (1997): In vitro selection for salt tolerance in rosemary *Rosmarinus officinalis* L. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 28: 67-78.
- Tyerman, S. D. & Skerrett, M. I. (1999): Root ion channels and salinity. *Sci. Hort.* 78: 175-235.
- Vasile, P. D. (1964): On the influence of NaCl and Na₂SO₄ on the activities of some enzymes. *Horti Bucurestiensis*. 2, 683-792.
- Vijayan, K.; Chakraborti, S. P. & Ghosh, P. D. (2003): In vitro screening of mulberry (*Morus* spp.) for salinity tolerance. *Plant Cell Reports*. 22: 350-357.
- Wagner, L. (1996): Zusammenstellung morphologischer Merkmale und ihrer Ausprägungen zur Unterscheidung von Wild- und Kulturformen des Apfels (*Malus*) und des Birnbaumes (*Pyrus*). *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.* 82: 87-108.
- Wahome, P. (1999): Untersuchungen zur Reaktion von *Rosa spec.* auf Salzstress in vitro und in vivo. Diss., Humboldt-Universität zu Berlin.
- Walker, R. R.; Törökfalvy, E. & Downton, W. J. S. (1982): Photosynthetic responses of the Citrus varieties 'Rangpur Lime' and 'Etrog Citron' to salt treatment. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 783-790.
- Walker, R. R.; Törökfalvy, E.; Grieve, A. M. & Prior, L. D. (1983): Water relations and ion concentrations of leaves on salt-stressed Citrus plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 265-277.
- Wang, Q (1992): The effect of light, darkness and temperature on micropropagation of pear rootstock 'BP10030'. *J. Horti. Sci.* 67: 869-876.
- Weber, J. & Reimann-Philip, R. (1989): Influence of NaCl and NaHCO₃ on the foliage and pollen germination of rose rootstock plants grown in mitscherlich-pots. *Acta Hort.* 246: 353-354.
- Webster, C. & Jones, O. P. (1991): Micropropagation of some cold-hardy dwarfing rootstocks for apple. *J. Hort. Sci.* 66: 1-6.
- West, D. W. (1978): Water use and sodium chloride uptake by apple trees. 1. The effect of non-uniform distribution of sodium chloride in the root zone. *Plant and Soil*. 50: 37-49.
- Wiesman, Z. (1995): Rootstock and nitrate involvement in 'Ettinger' avocado response to chloride stress. *Sci. Hort.* 62: 33-43.
- Yaron, B.; Zieslin, N. & Halevy, H. (1969): Response of 'Baccara' roses to saline irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 481-484.
- Yeh, F. C. & O'Malley, D. (1980): Enzyme variations in natural populations of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, from British Columbia. *Silvae Genetica* 29: 83-92.
- Zander, M. (2000): Untersuchungen zur Identifizierung ausgewählter Vertreter der Gattung *Salix* L. im NO-deutschen Tiefland, unter besonderer Berücksichtigung des *Salix-repens*-Komplexes. Diss., Humboldt-Universität zu Berlin.

Folgende mathematische Beziehungen liegen den Berechnungen zugrunde:

Etablierungserfolg (%) =	$\frac{\text{Anzahl erfolgreich etablierter Explantate}}{\text{Anzahl zur Etablierung aufgesetzter Explantate}} \times 100$
Durchschnittliche Sprossanzahl =	$\frac{\text{Gesamtzahl der gebildeten Sprosse}}{\text{Anzahl zur Vermehrung aufgesetzter Sprosse}}$
Bewurzelungserfolg (%) =	$\frac{\text{Anzahl bewurzelter Sprosse}}{\text{Anzahl zur Bewurzelung aufgesetzter Sprosse}} \times 100$
Durchschnittliche Wurzelanzahl =	$\frac{\text{Summe der Wurzelanzahl d. einzelnen Sprosse}}{\text{Anzahl einbezogener Sprosse}}$
Durchschnittliche Sprosslänge =	$\frac{\text{Summe d. Sprosslängen d. einzelnen Sprosse}}{\text{Anzahl gemessener Sprosse}}$
Akklimatisationserfolg (%) =	$\frac{\text{Anzahl akklimatisierter Sprosse}}{\text{Anzahl zur Bewurzelung aufgesetzter Sprosse}} \times 100$

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Ausgewählte Klone am Standort Müncheberg (M 1, M 10 und M 10 links; von links nach rechts)	16
Abb. 2:	Ausgewählte Klone am Standort Müncheberg (M 17, M 19 und M 21; von links nach rechts)	17
Abb. 3:	Kartenausschnitt des Untersuchungsgebietes um 1940	18
Abb. 4:	Sprossvermehrung der Klone im Wachstumsraum	22
Abb. 5:	Akklimatisation von Klon M 1 (links) und Klon Pi-Bu 3 in Jiffy-7-Pots	23
Abb. 6:	Klon M 21 zum Versuchsbeginn in der Klimakammer 2002	25
Abb. 7:	Gefäßversuch im Gewächshaus 2001	26
Abb. 8:	In-vitro-Vermehrung von 'KS' und Klon M 21 auf Vermehrungsmedium VM 1	30
Abb. 9:	Einfluss der IBS-Konzentration im Bewurzelungsmedium auf die durchschnittliche Wurzelanzahl je bewurzelter Spross	31
Abb. 10:	Bewurzelung von Klon M 1, M 21 und Pi-Bu 2 (von links nach rechts) in Jiffy-7-Torfquelltöpfen, in Abhängigkeit vom Bewurzelungsmedium	32
Abb. 11:	Sprosszuwachs von Klon M 21 (links) und Pi-Bu 3 nach 4-monatiger Kultur im Grundbeet	33
Abb. 12:	Durchschnittlicher Sprosszuwachs der Klone nach 4-monatiger Kultur im Grundbeet	33
Abb. 13:	Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2001 unter dem Einfluss von NaCl	34
Abb. 14:	Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2002 unter dem Einfluss von NaCl	35
Abb. 15:	Vergleich der NaCl-Behandlungsstufen der Klone M 1(links) und M 21(rechts)	35
Abb. 16:	Vergleich der NaCl-Behandlungsstufen von 'KS' und Behandlungsstufe 100 mM bei Klon Pi-Bu 3 im Jahr 2002	36
Abb. 17:	Durchschnittliche Sprossanzahl in vitro 2003 unter dem Einfluss von NaCl	36
Abb. 18:	Salzstressversuch von Klon M 21 (links) und 'KS' im Gewächshaus 2001	37
Abb. 19:	Salzstressversuch von Klon M 17 (links) und Pi-Bu 3 im Gewächshaus 2001	38
Abb. 20:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchende im Gewächshaus 2001 (in %)	38
Abb. 21:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchende im Gewächshaus 2002 (in %)	39
Abb. 22:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchende im Gewächshaus 2003 (in %)	40
Abb. 23:	Triebzuwachs im Gewächshaus 2002	42
Abb. 24:	Triebzuwachs im Gewächshaus 2003	43
Abb. 25:	Triebzuwachs von M 21 im Vergleich der Versuchsjahre im Gewächshaus	44
Abb. 26:	Triebzuwachs von 'KS' im Vergleich der Versuchsjahre im Gewächshaus	44
Abb. 27:	Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2001	46
Abb. 28:	Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2001	46
Abb. 29:	Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2001	47
Abb. 30:	Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2002	48
Abb. 31:	Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2002	49
Abb. 32:	Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2002	49
Abb. 33:	Natriumgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2003	50
Abb. 34:	Natriumgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2003	51
Abb. 35:	Natriumgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2003	51
Abb. 36:	Natriumgehalt in den Blättern von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003 ..	52
Abb. 37:	Natriumgehalt in den Wurzeln von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003 ..	52
Abb. 38:	Natriumgehalt in den Sprossen bei M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003 ..	53
Abb. 39:	Natriumgehalt in den Blättern von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003	53
Abb. 40:	Natriumgehalt in den Wurzeln von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003	54
Abb. 41:	Natriumgehalt in den Sprossen von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003 ..	54
Abb. 42:	Chloridgehalt in den Blättern 2001	56
Abb. 43:	Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshausversuch 2001	56
Abb. 44:	Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshausversuch 2001	57
Abb. 45:	Chloridgehalt in den Blättern im Gewächshausversuch 2002	59
Abb. 46:	Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2002	59
Abb. 47:	Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshausversuch 2002	60

Abb. 48: Chloridgehalt in den Blättern im Gewächshaus 2003	61
Abb. 49: Chloridgehalt in den Wurzeln im Gewächshaus 2003.....	61
Abb. 50: Chloridgehalt in den Sprossen im Gewächshaus 2003	62
Abb. 51: Chloridgehalt in den Blättern von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003	62
Abb. 52: Chloridgehalt in den Wurzeln von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003....	63
Abb. 53: Chloridgehalt in den Sprossen von M 21 im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003..	63
Abb. 54: Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003	64
Abb. 55: Chloridgehalt in den Wurzeln von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003	64
Abb. 56: Chloridgehalt in den Sprossen von 'KS' im Gewächshaus 2001, 2002 und 2003 ...	65
Abb. 57: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2002 (%)	67
Abb. 58: Vergleich der NaCl-Behandlungsvarianten der Sämlinge von Klon M 21 und.....	67
Abb. 59: Vergleich der NaCl-Behandlungsvarianten in vitro vermehrter Pflanzen von Klon M 21, rechts Variante „HT“	68
Abb. 60: Vergleich der beiden in vitro vermehrten Varianten von Klon M 21 mit den Sämlingen von Klon M 21 und 'KS' bei den Konzentrationen 200 (links) und 300 mM NaCl	68
Abb. 61: Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2003.....	69
Abb. 62: Triebzuwachs in der Klimakammer 2002.....	70
Abb. 63: Triebzuwachs in der Klimakammer 2003.....	71
Abb. 64: Natriumgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2002.....	72
Abb. 65: Natriumgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2002.....	73
Abb. 66: Natriumgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2002.....	73
Abb. 67: Natriumgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2003.....	75
Abb. 68: Natriumgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2003.....	75
Abb. 69: Natriumgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2003.....	76
Abb. 70: Chloridgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2002.....	77
Abb. 71: Chloridgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2002.....	78
Abb. 72: Chloridgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2002.....	78
Abb. 73: Chloridgehalt in den Blättern in der Klimakammer 2003.....	79
Abb. 74: Chloridgehalt in den Wurzeln in der Klimakammer 2003.....	80
Abb. 75: Chloridgehalt in den Sprossen in der Klimakammer 2003.....	80
Abb. 76: Vergleich der Blätter von Klon M 1 (links) und M 10 links.....	88
Abb. 77: Vergleich der Früchte von Klon M 17, M 19 und M 21 (von links nach rechts)	88
Abb. 78: Fruchtvariation der ausgewählten Bäume.....	88
Abb. 79: Frucht von Baum M 1.....	90
Abb. 80: Früchte von Baum M 10.....	90
Abb. 81: Früchte von Baum 10 links.....	91
Abb. 82: Zymogramm des Enzyms Aspartataminotransferase (AAT).....	92

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verwendete Selektionen aus der Naumburg-Pillnitzer Birnenunterlagenzüchtung von MILDENBERGER & FISCHER.....	16
Tab. 2:	Selektierte Klone vom Standort Müncheberg (ausgewählte Merkmale)	17
Tab. 3:	Klimakenngößen des Untersuchungsstandortes (nach SCHATZ 2000)	19
Tab. 4:	Ergebnisse der Nährstoffanalysen in mg/100 g Boden.....	19
Tab. 5:	Zusammensetzung des MS-Grundmediums nach MURASHIGE & SKOOG (1962).....	21
Tab. 6:	Versuchszeitraum und NaCl-Behandlungsstufen der In-vitro-Versuche.....	24
Tab. 7:	Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Klimakammer 2003 bei M 21 (in vitro vermehrt).....	24
Tab. 8:	Verwendete Klone und NaCl-Stufen für die Versuche in der Klimakammer	25
Tab. 9:	Verwendete Klone und NaCl-Stufen für die Versuche im Gewächshaus	27
Tab. 10:	Erfasste morphologische und phänologische Merkmale.....	28
Tab. 11:	Untersuchte Enzymsysteme.....	29
Tab. 12:	In-vitro-Bewurzelungsraten in Abhängigkeit von der IBS-Konzentration im Bewurzelungsmedium.....	31
Tab. 13:	Akklimatisationsraten 6 Wochen nach der Überführung in Jiffy-7-Torfquelltopfe in Abhängigkeit vom Bewurzelungsmedium	32
Tab. 14:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2001 (in %).....	38
Tab. 15:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2002 (in %).....	39
Tab. 16:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende im Gewächshaus 2003 (in %).....	40
Tab. 17:	Anteil abgestorbener Blätter bei M 21 und 'KS' im Vergleich der Versuchsjahre.....	41
Tab. 18:	Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2001	41
Tab. 19:	Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2002	42
Tab. 20:	Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle im Gewächshaus 2003	43
Tab. 21:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2001	45
Tab. 22:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2002	47
Tab. 23:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2003	50
Tab. 24:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshausversuch 2001	55
Tab. 25:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshausversuch 2002	58
Tab. 26:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen im Gewächshaus 2003	60
Tab. 27:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2001 (%)	66
Tab. 28:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2002 (%)	66
Tab. 29:	Anteil abgestorbener Blätter zum Versuchsende in der Klimakammer 2003 (%)	69
Tab. 30:	Abnahme des Triebzuwachses von 'KS' im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2001	69
Tab. 31:	Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2002	70
Tab. 32:	Abnahme des Triebzuwachses im Vergleich zur Kontrolle in der Klimakammer 2003	71
Tab. 33:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen von 'KS' in der Klimakammer 2001	71
Tab. 34:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2002	72
Tab. 35:	Natriumgehalte in den Pflanzenteilen 2003	74
Tab. 36:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen von 'KS' in der Klimakammer 2001.....	76
Tab. 37:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2002	77
Tab. 38:	Chloridgehalte in den Pflanzenteilen in der Klimakammer 2003	79
Tab. 39:	Anteil abgestorbener Blätter von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	81
Tab. 40:	Abnahme des Triebzuwachses von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	82
Tab. 41:	Natriumgehalt in den Blättern von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	83
Tab. 42:	Natriumgehalt in den Wurzeln von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	83

Tab. 43: Natriumgehalt in den Sprossen von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	84
Tab. 44: Chloridgehalt in den Blättern von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	85
Tab. 45: Chloridgehalt in den Wurzeln von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	85
Tab. 46: Chloridgehalt in den Sprossen von 'KS' und Klon M 21 in der Klimakammer und im Gewächshaus	86
Tab. 47: Morphologische Merkmale der selektierten <i>Pyrus</i> -Wildformen.....	87
Tab. 48: Komponentenmatrix der untersuchten <i>Pyrus</i> -Exemplare.....	89
Tab. 49: Enzymsysteme für die untersuchten <i>Pyrus</i> -Exemplare mit kodierenden Genloci, Anzahl der Allele und der Proteinstruktur	93
Tab. 50: Auswertung der Genloci für die untersuchten <i>Pyrus</i> -Klone	93

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe verfasst und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht verwendet habe. Ich erkläre außerdem, dass ich die Arbeit erstmalig und nur an Humboldt-Universität zu Berlin eingereicht habe.

Berlin, in März 2004

Ahmed Mohamed Kamal Abdelaal Aly

Danksagung

Ganz besonderer Dank ergeht an Herrn Prof. Dr. Hans-Heinrich Jesch, der mir während der Betreuung jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand und die Arbeit kritisch begleitet hat. Stets konnte ich mir seiner Unterstützung in jeder Hinsicht sicher sein.

Ebenso gebührt Herrn Dr. Matthias Zander mein herzlicher Dank für die Betreuung der Arbeit und ganz besonders für die Unterstützung bei der endgültigen Abfassung der Arbeit. Seine Hilfe bei der Erstellung der Bilder weiß ich sehr zu schätzen.

Große Hilfe wurde mir von Herrn Dr. Steffen Hofmann bei der In-vitro-Arbeit zuteil, wofür ich ihm sehr danke.

An Frau Sigrun Fitzner und an Herrn Richard Fronia ergeht ein Dank für die Unterstützung bei den Korrekturarbeiten. Frau Roswitha Kuhn, Frau Rita Lindemann und Frau Inge Dressel unterstützten mich dankenswerter Weise bei den Analysen im Labor, wofür ich ihnen ein Dankeschön aussprechen möchte. Herrn Gerald Eckert sei für seine Hilfe im Gewächshaus vielmals gedankt. Durch Frau Ulrike Seidel erhielt ich wertvolle Unterstützung bei den In-vitro-Arbeiten. Ebenso danke ich Frau Dr. Ingeburg Grittner und Herrn Zoltán Sinkó für ihre kritischen Ratschläge.

Schließlich danke ich Herrn Prof. Dr. Gerhard Müller-Starck für die Durchführung der Isoenzymanalysen.